DIE NATURWISSENSCHAFTEN

28. Jahrgang | 15. März 1940 | Heft 11

Probleme der Kaledoniden Skandinaviens.

Von S. von Bubnoff, Greifswald.

Die vergleichende Gebirgsforschung hat in den letzten Jahren eine Reihe tiefgehender Analogien in der Entstehungsweise und Struktur der großen Faltengebirge der Erde aufgezeigt, Analogien, welche von dem Alter dieser Gebirge vollkommen unabhängig sind und damit auf grundlegende Gesetzmäßigkeiten hindeuten. Ich habe vor $2^1/_2$ Jahren in dieser Zeitschrift[1]) kurz darüber berichtet. Das alte, am Ende der Silurzeit entstandene Gebirge Nordwestskandinaviens bietet für solche vergleichende Studien insofern ein besonders günstiges Objekt, als dieser Gebirgszug noch heute über viele hundert Kilometer zusammenhängend erhalten ist, d. h. nicht in einzelne Bruchstücke zerlegt wurde wie das karbonische (variszische) Gebirge Mitteleuropas, und trotzdem infolge langwährender oberflächlicher Zerstörung Einblicke in die tieferen Teile eines Faltengebirges oder Orogens ermöglicht. Einige neue Arbeiten geben den Anlaß, auf diese Zusammenhänge, die ich früher behandelt habe[2]), zurückzukommen (s. Fig. 1).

Es muß nun gleich zu Anfang betont werden, daß die heutige (morphologische) Gebirgsform mit der alten silurischen Verformung (Tektogenese) unmittelbar nichts zu tun hat. Die heutige Höhengestaltung ist die Folge einer viel späteren Aufkippung Skandinaviens mit „randwulstartiger" stärkerer Heraushebung des im Silur gefalteten Nordwestrandes gegenüber dem einbrechenden Skandik. Strukturell ist diese Kippung allerdings dadurch bedingt, daß die kaledonische Faltung am Nordwestrande der skandinavischen Scholle einen besonders dicken „Wulst" knäuelartig zusammengeschobener leichterer Gesteine geschaffen hat.

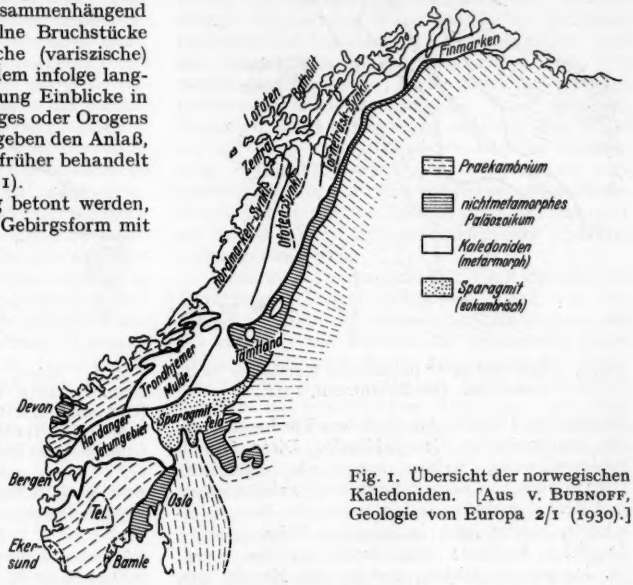

Fig. 1. Übersicht der norwegischen Kaledoniden. [Aus v. Bubnoff, Geologie von Europa 2/1 (1930).]

Vor der Faltung bestand in diesem Gebiet ein tieferer Trog — eine Geosynklinale —, und mit besonderer Anschaulichkeit läßt sich in Mittelschweden und Südnorwegen zeigen, daß die uralte Grundgebirgsoberfläche des baltischen Schildes am Rande des kaledonischen Gebirges unter dieses abbiegt, so daß das Faltengebirge eigentlich in einem Troge, einem „Faltengraben" liegt. Der Gegensatz von flach lagerndem, undeformiertem *Vorland* (baltischer Schild) im SO und intensiv zusammengepreßtem Faltengebirge im NW ist überall deutlich, besonders klar aber im Jämtland, von wo neuerdings Bror Asklund wichtige neue Ergebnisse mitteilt[1]).

Wie schon lange bekannt, lag in Schweden dem alten Grundgebirge diskordant eine fast horizontale Platte von kambrischen und silurischen Sedimenten auf, die allerdings später weitgehend zerstört wurde, wobei aber die Verwitterung in das Grundgebirge nur wenig tief eindrang, so daß die Auflagerungsfläche des Kambriums noch heute vielfach in erstaunlicher Frische erhalten ist. Man nahm bisher an, daß das flache kambrosilurische Schelfmeer, welches den baltischen Schild bedeckte, gegen NW unmittelbar in das tiefere Meer der kaledonischen Geosynklinale überging. Asklund konnte nun den Nachweis führen, daß dem nicht so ist (s. Fig. 2). Zwischen dem baltischen Schelfmeer und der kaledonischen Geosynklinale bestand ein recht breiter Grundgebirgsrücken von SW bis NO-Verlauf, der nur selten überflutet wurde und noch heute in geradezu erstaunlicher Deutlichkeit die Spuren alter Hügelrücken und die Küsten-

[1]) S. v. Bubnoff, Gebirgsgrund und Grundgebirge. Naturwiss. 25, 577, 593 (1937).

[2]) Geologie von Europa 2/1, 5—50 (1930).

[1]) Hauptzüge der Tektonik und Stratigraphie der mittleren Kaledoniden in Schweden. Sveriges geolog. Undersökning. Serie C, Nr 417. Stockholm 1938.

linien der kambrischen und silurischen Meere zeigt[1]). Diese Erhaltungsfähigkeit uralter Oberflächenformen erscheint zuerst unglaubhaft, doch wird man sich der zwingenden Überzeugungskraft der ASKLUNDschen Beobachtungen kaum entziehen können. Die kambrosilurischen Schichten Jämtlands sind also mit denen des baltischen Schelfes nicht unmittelbar verbunden; sie sind durch die erwähnte Grundgebirgsschwelle davon

Fig. 2. Land und Meer im unteren Kambrium Skandinaviens. (Nach ASKLUND, 1938.)

getrennt und bilden den östlichen Flachmeersaum der kaledonischen Geosynklinale. Diese Grundgebirgsschwelle, welche somit als eigentliche Grenze zwischen dem deformierten kaledonischen und dem nichtdeformierten baltischen Bereich erscheint, besitzt auch in jüngeren Faltengebirgen deutliche Analoga: man denke an das sogen. St. Georgsland (Wales), welches im Karbon den variszischen Trog Cornwall—Belgien von dem mittelenglischen Flachschelf trennte, oder an die vindelizische Schwelle in Süddeutschland, welche in der Trias das germanische Flachmeer vom alpinen Becken schied. Insofern hat das Ergebnis von ASKLUND grundsätzliche Bedeutung.

Das Kambrosilur von Jämtland ist nun stärker deformiert (Fig. 3 und 5). Auf einem schmalen Saum, welcher unmittelbar der erwähnten Schwelle im NW auflagert, liegt ein Paket von 4—5 Schuppen kambrosilurischer Schichten, welche von NW gegen SO übereinander gestapelt wurden. ASKLUND konnte zeigen, daß innerhalb dieser Schuppen die Gesteinausbildung gesetzmäßig wechselt, und zwar derart, daß jeweils jede höhere (d. h. weiter im NW beheimatete) Schuppe eine vollständigere und mächtigere Kambrosilurfolge besitzt und daß zugleich die kalkige Ausbildung des Ostrandes immer mehr in eine sandig-schieferige Fazies übergeht. Auch hier besteht, wie ASKLUND mit Recht betont, eine auffallende Übereinstimmung mit den Alpen, wo eine analoge Veränderung des Jura und der Kreide nach innen (d. h. dort nach S) innerhalb der sogen. helvetischen Decken eine seit langem bis ins einzelne erforschte Erscheinung darstellt. Die sandig-schieferige Ausbildung der inneren (in dem kaledonischen Gebirge

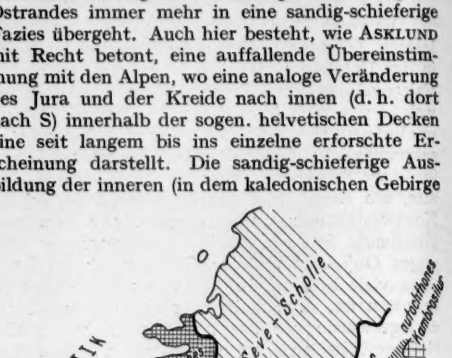

Fig. 3. Skizze der mittleren Kaledoniden nach ASKLUND, 1938, Kreuze: Granit- und Mylonitschollen (OFFERDAL u. a.); Punkte: Quarzitschollen (WEMDAL u. a.); T = Trandhjem, $Ö$ = Östersund, S und M = Grundgebirgs-„Fenster" von STORLIEN u. MULLFJÄLL.

westlichsten) Schuppen kann man direkt mit dem Flysch der Alpen vergleichen[1]).

Nun konnte ASKLUND weiterhin wahrscheinlich machen, daß die gröberen Sedimente der westlichen Schuppen ihr Material nicht vom Ostsaum, sondern von Westen bezogen haben, und zwar aus einer Grundgebirgsscholle, die zum Teil noch sichtbar ist (Oldenmassiv) und unmittelbar mit den obersten (d. h. westlichsten) Schuppen verknüpft ist. Sie entstammen also schon dem Westrand des Troges und ASKLUND zieht auch direkt eine Parallele zwischen dem Grundgebirge des Oldenmassives und den sogen. Zentralmassiven der Alpen (Aar-, Montblanc-Massiv usw.). Während aber letztere an Ort

[1]) In der Uferzone findet man grobkörnige Gesteine mit Kalklinsen und zahlreichen Fossilien, welche direkt an die „Klippenfazies" des Kreidemeerufers in Westfalen erinnern.

[1]) Den Ausdruck „Molasse" würde ich in diesem Zusammenhange vermeiden, da er den posttektonischen, aus der Zerstörung des Gebirges gebildeten Sedimenten des Gebirgssaumes (detraktive Sed. BACKLUNDs) vorbehalten bleibt. Eine echte Molasse in einer Randsenke fehlt den skandinavischen Kaledoniden (s. u.).

und Stelle wurzeln (autochthon), glaubt ASKLUND, daß das Oldenmassiv und analoge Schollen der Kaledoniden ebenfalls, und zwar über weitere Strecken, von NW nach SO verfrachtet wurden. Ich muß sagen, daß ich in diesem Punkte noch nicht restlos überzeugt bin, da es sich bei den beobachteten Überschiebungen auch um Erscheinungen kleineren Maßstabes handeln kann und ein Fernschub des Oldenkristallins nicht unbedingt erwiesen ist[1]). Um die Tragweite dieses Problems zu erkennen, müssen wir noch etwas weiter ausholen.

Auf den Jämtlander Kambrosilurschuppen, zum Teil aber auch direkt auf dem Oldenkristallin liegen noch höhere tektonische Einheiten, welche zweifellos von NW nach SO verfrachtet wurden. Man kann in Jämtland drei Gruppen unterscheiden: 1. Quarzite (Wemdalsquarzit u. a.), 2. Granite und Mylonite (mechanisch zerriebene kristalline Gesteine), 3. Sevegruppe, d. h. kristalline Schiefer, die im Westen von weniger metamorphem, aber von der Jämtlandausbildung durchaus abweichendem Kambrosilur (Kölischiefer = westliche Silurfazies) überlagert werden (Fig. 3, 4, 5). Diese Überlagerung des östlichen Kambrosilurs durch kristalline und metamorphe Gesteine bildet das eigentliche Problem des skandinavischen Hochgebirges[2]). Ursprünglich sah man in der Sevescholle präkambrische Gesteine und kam damit (TÖRNEBOHM) zu horizontalen Verfrachtungen von 130 km und mehr. Später hat man in ihnen teilweise jüngere, durch spätsilurische Intrusionen und Tiefenmetamorphose veränderte Sedimente zu erkennen geglaubt und versuchte den ganzen Faltungsvorgang in kleinere, zum Teil gegeneinander gerichtete Teilbewegungen aufzulösen, welche die Annahme von Fernverfrachtungen unnötig machten (FRÖDIN). ASKLUND nun, welcher mit Recht für dieses Gebiet eine einheitliche Bewegung von NW nach SO voraussetzt und auch nachweist, glaubt doch wieder zu der TÖRNEBOHMschen Theorie der Fernverfrachtungen zurückkehren zu müssen und sieht die Heimat der Sevescholle weit im Westen, etwa im Gebiet des heutigen Skandik (Nordatlantik). Hier besteht also in den heutigen Auffassungen noch eine beträchtliche Unstimmigkeit. Wir wollen versuchen, uns, zum Teil wieder mit Hilfe eines Vergleiches mit den Alpen, über die Wahrscheinlichkeiten der einzelnen Auffassungen zu unterrichten.

Wie ASKLUND betont, entsprechen die metamorphen Gesteine der Sevescholle mit ihren kaledonischen Intrusivgesteinen durchaus der inneren, penninischen Zone der Alpen (Metamorphiden), welche dort auch teilweise (zumindest mit ihrer Sedimentdecke) über die Zentralmassive und die Außenzone geschoben wurden. Dort zeigt es sich aber sehr deutlich, daß diese penninischen Decken einem Sondertroge, oder besser dem Haupttroge des alpinischen „Orogens" angehören und vom äußeren, helvetischen Troge gelegentlich oder durchgehend durch eine Schwelle oder Schwellenzüge getrennt waren. Ihre Überschiebung ist also ein von der Schuppenbildung der Externiden (helvetische Decken) vollkommen unabhängiger Vorgang. Aus den Beobachtungen von ASKLUND könnte man aber für das Jämtland ähnliches ableiten: die obersten Jämtländischen Decken (Externiden) stammen nach ihm vom Westrand der Geosynklinale, und das Oldenkristallin, welches in ihnen als Komponente der Silurgesteine auftritt, bildet deren westliche begrenzende Schwelle. Dann können aber doch die Seveschieferdecken nicht aus demselben Troge stammen, sondern, da sie weiter im NW wurzeln, müssen sie aus einem anderen Troge kommen. In der Tat ist die Gesteinsausbildung anders; nicht nur fehlen Übergänge, sondern es besteht hier scheinbar noch eine mächtige Folge spätvorkambrischer Gesteine unter dem Kambrium, die sog. Sparagmitserie oder das „Eokambrium" im weiteren Sinne, welche im Jämtland fehlt oder auf den obersten Teil reduziert ist. Auf die interessanten Fragen dieser noch zum Teil rätselhaften fossilleeren Serie, deren Gesteinsfolge merkwürdig an die germanische „Trias" erinnert, kann hier nicht eingegangen werden. Nur soviel scheint festzustehen, daß sie vor allem im inneren, d. h. westlichen Bereich der Geosynklinale verbreitet war, daß dort also eine schon spätvorkambrische Senkung zu der Bildung eines oder mehrerer im Streichen des Gebirges aneinander gereihter Tröge geführt hat.

Wenn diese Deutung zutrifft, dann sind also die Externiden (Jämtlandschuppen) nicht aus der Hauptgeosynklinale, sondern aus einer dieser im SO vorgelagerten Sondersenke ausgepreßt, wobei wiederum eine auffallende Analogie zu den Alpen besteht, wo die helvetischen Decken, besonders deutlich im französischen Abschnitt, aus einer „Parageosynklinale" stammen, welche (dort im W) dem Haupttroge der Metamorphiden (Penninikum-Glanzschiefer) vorgelagert war und von diesem durch die Schwelle des Briançonnais getrennt wurde. Eine Parallele besteht auch darin, daß die helvetischen Vorlanddecken nicht den ganzen Saum der Alpen begleiten, sondern ostwärts verschwinden. Ebenso sind die Jämtlandschuppen weiter im Süden (Südnorwegen) und im Norden (Lappland) anscheinend nicht mehr vorhanden (Fig. 4).

Man ist geneigt, noch weitere Analogien zu sehen; z. B. haben die Quarzitdecken zwischen der Sevescholle und den Jämtlandschuppen eine ähnliche Position wie die „Préalpes" und „Klippen" der Nordschweiz. In der Erklärung der Profile ist einiges davon angedeutet. Hier möchte ich nur allgemein darauf hinweisen, daß das Problem des Verhältnisses von Metamorphiden und Externiden in beiden Gebieten ganz ähnlich liegt. So wird z. B. in der Schweiz und in Frankreich auch heute noch die Frage lebhaft erörtert, ob die penninischen Decken insgesamt vom Südrande der Alpen stammen, oder ob sie zum Teil sozusagen „innere Wur-

[1]) Die aus der Veränderung des Gesteinscharakters und der Mächtigkeit der Schichten abgeleiteten Förderlängen sind vollkommen unsicher.

[2]) Vgl. Geologie von Europa 2/1, 32ff. (1930).

zeln" unmittelbar südlich von der trennenden Schwelle des Briançonnais besitzen und nur teilweise über diese hinausgeschuppt worden sind. In ähnlicher Weise könnte man fragen, ob die Sevescholle (kaledonische Metamorphiden) wirklich aus der heute im Skandik versunkenen Region stammt, oder ob sie nicht ihre Wurzeln unmittelbar westlich der Oldenschwelle besaß, von hier aus über diese Schwelle unter Verschürfung ihrer Sedimentdecke und über den Jämtländischen Trog geschoben und bei der Verschuppung dieses letzteren weiter nach SO verfrachtet wurde. Ganz ähnliche Vorgänge hat schon vor längerer Zeit B. SANDER zur Deutung des Gebirgsbaues der Tauern angenommen. An Stelle einer großen Überschiebung würden also dann Teilbewegungen in subparallelen Sondertrögen treten, die aber nicht gegeneinander gekehrt sind, wie FRÖDIN annahm, sondern sich zu einer *scheinbar* enormen Gesamtförderweite von 130 km und mehr summieren.

Diese Vorstellung stößt, soweit ich sehe, vor allem auf einen von ASKLUND betonten Einwand. Westlich von der Sevescholle und von der mit dieser eng verbundenen Kambrosilurmulde von Trondhjem liegt das kristalline Gebiet Westnorwegens, welches nach allgemeiner Auffassung unmittelbar mit dem Oldenmassiv verbunden ist (s. Karte Fig. 3). Da dieses unter der Sevescholle liegt, wäre eine zunächst durchaus folgerichtig scheinende Konsequenz, daß die ganze Sevescholle von West her auch über das westnorwegische Kristallin geschoben wurde. Daß das Oldenmassiv eine Art „Fenster" bildet und einer Querkulmination des Deckenbaues entspricht, wie wir sie auch aus den Alpen kennen (Tessin), ist sehr wahrscheinlich. Der Beweis dafür, daß die Sevescholle und das Trondhjemer Kristallin über das westnorwegische Kristallin gewandert sind, steht aber noch aus und dürfte nicht so leicht zu führen sein. In einer ausgezeichneten Übersicht hat HOLTEDAHL[1]) vor

[1]) E. B. BAILEY u. O. HOLTEDAHL, Northwestern Europe Caledonides, in Regionale Geologie der Erde 2, Abschn. II. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft 1938.

Fig. 4.

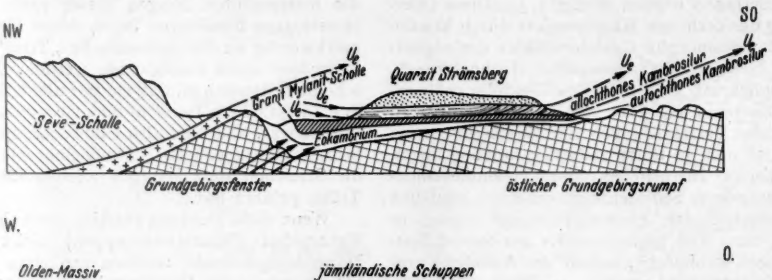

Fig. 5.

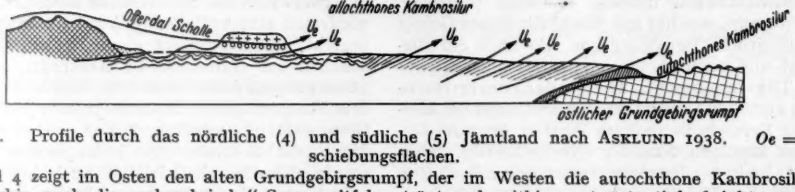

Fig. 4 u. 5. Profile durch das nördliche (4) und südliche (5) Jämtland nach ASKLUND 1938. *Oe* = Überschiebungsflächen.

Das Profil 4 zeigt im Osten den alten Grundgebirgsrumpf, der im Westen die autochthone Kambrosilurfolge und weiterhin noch die „eokambrische" Sparagmitfolge trägt und mithin westwärts tief absinkt, um dann allerdings in einem „Fenster" wieder aufzutauchen (Analogie zu den Zentralmassiven der Alpen). Über dem Autochthon liegen — hier reduzierte — allochthone, d. h. von NW überschobene Kambrosilurschuppen und darüber der Strömsbergquarzit; sie sind sicher allochthon, da ihnen eine Grundgebirgsbasis fehlt. Da ferner am Westrande des Grundgebirgsfensters eine Sedimentdecke fehlt, erscheint es möglich, daß zum mindesten die Quarzite von hier stammen, und, an der Basis der weiter von Westen vorgeschobenen Granit- und Sevedecken abgeschürft und in ihre heutige Lage gebracht wurden (Analogie zu der Niesenflysch- und Préalpes-Decke der Westalpen). Die im W auflagernden Schollen der Granitmylonite und der Seveschiefer stammen aus dem westlichen Haupttroge, bei dessen Zusammenpressung sie über die trennende Schwelle (Fenster) und zum Teil noch über den vorgelagerten Sondertrog geschoben wurden (Analogie zu den penninischen Decken-Metamorphiden der Alpen).

Das Profil 5 unterscheidet sich durch die mächtige Entwicklung der allochthonen Jämtlandschuppen von Kambrosilur (Analogie zu den helvetischen Decken der Schweiz). Sie sind in dem östlichen Teiltrog abgelagert, dessen Westsaum im Oldenmassiv vorliegt. Dieses Massiv hat nur am Nordsaum eine Sedimentdecke, welche unmittelbar mit ihm zusammenhängt und auf die Jämtlandschuppen aufgeschoben ist; es könnte sich auch hier darum handeln, daß bei der Überschiebung der höheren Offerdalscholle die ursprüngliche Decke des Oldenmassives abgeschürft und über die Jämtlandschuppen geschoben wurde (Analogie zum Nordrand des Aarmassivs mit seinen „parautochthonen" Decken). Die höhere Offerdalscholle entspricht der Granitmylonitdecke in Fig. 4. Die Quarzitdecke fehlt an dieser Stelle, die Sevedecke ist im NW zurückgeblieben bzw. später zerstört (Querkulmination analog dem Tessin in den Alpen).

kurzem dargelegt, daß das westnorwegische Kristallin nicht einfach als präkambrisch angesehen werden darf, sondern vermutlich während der kaledonischen Gebirgsbildung umgeschmolzen und mobilisiert (migmatisiert) wurde[1]).

In welchem Grade das für das Oldenmassiv zutrifft, kann ich nicht entscheiden. Ist das nicht der Fall, dann ist ein unmittelbarer Zusammenhang desselben mit Westnorwegen nicht gegeben; ist es aber der Fall, dann kann aus dem „anatektisch" umgeschmolzenen und im Oldengebiet höher aufgepreßten Sockel kein Schluß auf die Fernverfrachtung der Seveschölle gezogen werden. Für die Auffassung, daß im westnorwegischen Grundgebirge der zwar durch Migmatisation stark veränderte, aber doch relativ autochthone Westrand des kaledonischen Haupttroges vorliegt, könnten auch die Verhältnisse in Nordschottland sprechen, welche gleichsam die westliche Verlängerung der skandinavischen Kaledoniden bilden und dortselbst deutlich einen primären Nordsaum mit umgekehrter, d. h. nach NW gerichteter Bewegung zeigen. In ähnlicher Weise könnte man im Westteil des skandinavischen Haupttroges (vom Westrand der Trondhjemer Mulde an) Bewegungen nach NW vermuten[2]).

Der Verfasser kann es natürlich ohne eingehende eigene Augenscheinnahme nicht wagen, in dieser komplizierten Frage eine Entscheidung zu treffen. Wichtig erschien ihm lediglich zu zeigen, wie außerordentlich ähnlich die Verhältnisse in den verschiedenen Orogenen liegen und wie sogar die Probleme und die strittigen Fragen die gleichen sind. Die in den Alpen neuerdings immer klarer zutage tretende Tatsache, daß der Faltenkörper aus mehreren subparallelen Reihen von Schwellen und Trögen neu geformt wurde, legt es aber nahe, eine ähnliche Deutung auch in den Kaledoniden zu versuchen. Ansätze dafür sind auch schon von HOLTEDAHL, TH. VOGT u. a. geliefert worden und ergeben in der Tat eine sehr auffallende Übereinstimmung, die in gewissem Sinne zwischen der alten Theorie der Fernverfrachtung (TÖRNEBOHM) und der neueren Theorie „kurzer Schübe" vermittelt. Es würde sich danach eher um einen „harmonika"artigen Zusammenschub mit gelegentlicher Verfrachtung der mobileren Sedimente und Schmelzflüsse aus einem Trog in den benachbarten handeln. Selbstverständlich kommt man um bedeutende Verfrachtungen von NW nach SO nicht herum, aber die Fernschübe aus dem Skandik scheinen mir noch nicht erwiesen.

Ein auffallender Unterschied zwischen den skandinavischen Kaledoniden und anderen Faltengebirgen besteht indessen: es fehlt ihnen eine Vorsenke, welche mit Produkten der Zerstörung des Gebirges (Molassen) gefüllt ist. Andeutungen eines früheren Vorhandenseins einer solchen kann man vielleicht darin sehen, daß nach ASKLUND die subkambrische Grundgebirgsoberfläche vor den jämtländischen Schuppen tiefer herabgedrückt ist (vgl. Profile 4 und 5); die früher auflagernden Sedimente (? Devon) wären hier also vielleicht später entfernt. Aber auch wenn sie vorhanden waren, können sie unmöglich die Dicke der Molassen jüngerer Gebirge (Oberkarbon des Ruhrgebietes, Miozän der Voralpen) erreicht haben. In England ist eine solche Vorsenke vorhanden (Wales). Wo die Molassen der skandinavischen Kaledoniden geblieben sind, ist ein noch ungelöstes Problem.

[1]) Man vergleiche zu diesen Vorgängen meine Erläuterung im genannten Aufsatz 1937.

[2]) S. dazu Profil von *Frödin* in Geologie von Europa 2/1, 40.

Das Atmungsferment Kohlensäureanhydrase im Tierkörper[1]).

Von MICHAEL LEINER, Berlin.

Im Jahre 1924 berechnete FAURHOLT, daß das Säugetierblut bei dem flüchtigen Durchfließen des Kapillarsystems der Lungenbläschen unter Zugrundelegung der vorhandenen Kenntnisse von der Kohlendioxydbindung im Blut nur einen kleinen Bruchteil derjenigen Kohlendioxydmenge abgeben könnte, die es tatsächlich abgibt. Hauptsächlich diese Berechnung war der Anlaß, daß man nach unbekannten Transportarten des Kohlendioxydes im Blute suchte, nach Bedingungen, unter denen das CO_2 an den Respirationsflächen rascher als aus Bikarbonat abgegeben werden konnte. So fand man die teilweise Bindung des CO_2 an das Hämoglobin in der Carbaminoform. Aber damit konnte die schnelle CO_2-Abgabe in den Lungenbläschen nur zum Teil erklärt werden. So tauchte der Gedanke an einen katalytischen Beschleuniger der Kohlensäuredehydratation in den Lungenbläschen auf. BRINKMAN, MARGARIA, MELDRUM und ROUGHTON wiesen 1932 in den Wirbeltiererythrozyten ein Ferment nach, das die Gleichgewichtsreaktion $CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3$ oder $CO_2 + OH' \rightleftharpoons HCO_3'$ nach der einen und der anderen Seite, je nach den äußeren Bedingungen, so stark zu beschleunigen vermag, wie es andere Stoffe außerhalb des Tierkörpers im Modellversuch nicht tun können. Das Ferment erhielt den Namen Kohlensäureanhydrase, wenn es auch vielleicht besser Kohlensäureanhydratase oder -hydratase genannt worden wäre. Statt der mit Gummischläuchen versehenen Manometerapparatur der Cambridger Entdecker verwendeten wir bei derselben Testreaktion die ganz aus Glas bestehende Manometerapparatur von O. WARBURG mit Gefäßen, die entweder einen zweigeteilten Hauptraum oder eine große drehbare Einkippbirne besaßen und eine Schüttelapparatur, die mit großer Amplitude besonders heftig schüttelte. Das durch das saure Phosphatgemisch mit und ohne Ferment

[1]) Vortrag, gehalten am 12. Mai 1939 in der Physiologischen Gesellschaft Berlin.

mit Beginn des Schüttelns bzw. Einkippens aus dem Bikarbonat freigemachte Kohlendioxyd wird minutlich gemessen. Man erhält Reaktionsverläufe, die allerdings nur relative, aber unter sich vergleichbare Werte darstellen.

Auf der Suche nach dem Herstellungsort des Fermentes im Körper fand man, daß nicht nur die Erythrozyten, sondern auch gewisse Drüsen, wie Pankreas, Leber, Hypophyse und Milz, oft verhältnismäßig viel davon besaßen, teilweise auch abzüglich des Blutanteils. Die Annahme, daß die Bauchspeicheldrüse der Ursprungsort des Fermentes sei, mußte wieder aufgegeben werden. Auch das rote Knochenmark wurde schon als Herstellungsort vermutet. Die Lungenepithelien selber scheinen wenig oder gar kein Ferment zu haben.

Stand bei den Wirbeltieren das Blut als Hauptfermentträger im Mittelpunkt der Untersuchungen, so entdeckten sehr bald BRINKMAN, VAN GOOR und FERGUSON, daß bei Wirbellosen, deren Blut ja zellarm ist oder die blutfrei sind, die Kohlensäureanhydrase ganz vorwiegend im Gewebe der Tiere vorkommt. In zellfreien Körperflüssigkeiten wurde das Ferment bisher nicht oder nur in Spuren gefunden, es ist also offenbar im Körper hauptsächlich an die Zellen gebunden. Auch bei den niederen Tieren sind oft die Organe der äußeren Atmung verhältnismäßig fermentreich, z. B. die Tentakel von Seerosen und die Kiemen mancher Tintenfische. Es ist bisher kein Wirbeltier gefunden worden, dem die Kohlensäureanhydrase fehlt, jedoch gibt es viele Wirbellose, bei denen man das Ferment nicht gefunden hat. Bei den Wirbellosen kommt es häufig vor, daß eine Art einer Familie, Ordnung oder Klasse reich an Kohlensäureanhydrase ist, während andere Arten fast oder ganz fermentfrei sind. So haben z. B. viele Anneliden trotz der fehlenden Erythrozyten ein an Kohlensäureanhydrase reiches Blut, während das rote Blut unseres Regenwurms fermentfrei ist. Während die Eier des Seeigels *Paracentrotus lividus* verhältnismäßig viel Kohlensäureanhydrase haben, besitzen die der nahe verwandten Art *Arbacia pustulosa* das Ferment nicht. Schnellbewegliche Tintenfische haben fermentreiche Atmungsorgane, und auch die Netzhaut des Auges ist fermentreich, während viele Muscheln und Schnecken ohne Ferment sind oder nur Spuren davon besitzen. Die mit dem Tracheensystem, dem vollendeten Durchlüftungsapparat, versehenen Insekten und Spinnen sind noch kaum untersucht. Bei manchen Krebsen hat man wenig Ferment in den Kiemen gefunden, bei andern keines. Die unbefruchteten Eier der Stachelhäuter *Holothuria* und *Paracentrotus* enthalten pro Gewichtseinheit 1/15–1/30 der Fermentmenge von Säugetier- oder von Knochenfischblut, das ist für Invertebraten verhältnismäßig viel. Die Schnecke *Aplysia depilans* hat in einigen Organen ebenfalls viel Ferment (Tabelle 1).

Der Fermentgehalt der befruchteten *Aplysia*-Eier nimmt trotz der ansteigenden Atmungsgröße im Verlauf der Embryonalentwicklung innerhalb der doppelten Schleimhüllen stetig ab (Tabelle 2).

Tabelle 1. Katalytische Beschleunigung der Kohlendioxydhydratation in % der Normalzeit durch mit der 10fachen Wassermenge gewichtsverdünnte Gewebeextrakte von *Aplysia depilans*. Durchschnittswerte.

Kieme	Zwitterdrüse	Spermatozyst	Leber
75,3	72,5	25,3	25

Tabelle 2. Katalytische Beschleunigung der Kohlendioxydhydratation in % der Normalzeit durch mit der 10fachen Wassermenge gewichtsverdünnte Extrakte von *Aplysia*-Eiern während ihrer embryonalen Entwicklung in den Eischnüren. Durchschnittswerte.

Zwitterdrüse	eben befruchtete Eier	2—4 Zellenstadium	Zellhaufen	bewegliche Larven Altersgruppe 1	2	3
72,5	63,2	57,5	49,1	42,1	30	23,3

Es sieht so aus, als hätten die Eizellen eine größere Fermentmenge mit auf den Weg bekommen, die bis zum Schlüpfen der Larven aus den Gallerthüllen und der Möglichkeit, selbst Ferment zu bilden, langsam aufgebraucht würde. Bei den Wirbeltieren hat die Kohlensäureanhydrase offenbar eine besondere Bedeutung erlangt, wenn es auch Arten gibt, wie den nackthäutigen Frosch mit seiner ergiebigen Hautatmung, die nur wenig Ferment besitzen. Am systematischsten sind die Knochenfische und Säugetiere auf ihren Kohlensäureanhydrasegehalt untersucht. Nach den vorhandenen Messungen ist das Blut der meisten Knochenfische mindestens ebenso fermentreich wie das vieler Säugetiere und Vögel. Den gleichen Gehalt an Ferment der Größenordnung nach hat auch das menschliche Blut. Er ist bei der gleichen Person ziemlich konstant, und hält sich überhaupt bei allen jugendlichen und erwachsenen gesunden Menschen etwa auf der gleichen Höhe. Nur bei gewissen Krankheiten ist, wie H. WILLE an unserm Institut festgestellt hat[1]), der Fermentgehalt des Blutes stärker vermehrt oder vermindert. Das Nabelstrangblut Neugeborener hat trotz der größeren Erythrozytenzahl beträchtlich weniger Kohlensäureanhydrase als das Blut älterer Menschen. Auch dem menschlichen Speichel fehlt die Carbanhydrase nicht ganz.

In den Gonaden verschiedener Tiergruppen wurde viel Kohlensäureanhydrase gefunden, in andern wenig oder nichts. Die Stachelhäuter *Holothuria tubulosa*, *Holothuria stellata* und *Paracentrotos lividus* haben zwar viel Ferment in den Eiern, die sehr viel kleineren unreifen und reifen männlichen Geschlechtszellen sind dagegen fermentfrei.

Entsprechend der Ausgangsfragestellung stand zunächst im Mittelpunkt des Interesses die Be-

[1]) Noch unveröffentlicht.

schleunigung der Dehydratation der Kohlensäure durch das Ferment. Wie aber der Stoff im Innern des Körpers sowohl im Blut wie in den Geweben wirken sollte, war zunächst unklar. Sollte er dort die Hydratation des Kohlendioxyds beschleunigen, so mußte an den Verbrennungsorten die Wasserstoffionenkonzentration ansteigen, was schädlich erschien. Man griff daher manchmal zu der Annahme, daß im Blut und in den Geweben Stoffe vorhanden wären, welche die katalytische Wirksamkeit des Fermentes im Innern des Körpers hemmen oder sogar völlig blockieren könnten. Wenn auch nach unseren Erfahrungen bei den Versuchen zur Isolierung des Stoffes die Annahme einer möglichen Hemmung als sehr berechtigt erscheint, so kann man sich doch nicht vorstellen, daß das Ferment im Innern des Körpers, wo es so reichlich vorkommt, überhaupt wirkungslos sein soll. Nach ROUGHTON wird die katalytische Wirksamkeit des Fermentes in den Erythrozyten erst nach Hämolysierung des Blutes im Manometerversuch entfaltet. Frisch entnommenes Blut zeigte in isotonischer Phosphat-Bikarbonatmischung keine merkliche katalytische Aktivität. Die Kohlensäureanhydrase der roten Blutkörperchen kann also nur innerhalb der Zellmembranen wirken. Die katalytische Beschleunigung der Kohlensäuredehydratation an den Respirationsflächen durch das in den Erythrozyten vorhandene Ferment ist wegen der in diesen schon vorhandenen und der Einwanderung weiterer HCO_3'-Ionen aus dem Blutplasma in die Erythrozyten möglich. Tritt es aber lokal im Blutplasma auf, wie es z. B. offenbar im Blut des Wundernetzes der Schwimmblase und der Pseudobranchie der Knochenfische der Fall ist, so dringt es anscheinend nicht in die Erythrozyten ein. Bei in Ringerbikarbonat suspendierten Gänseerythrozyten verändert eine Zugabe von Kohlensäureanhydrase im WARBURG-Manometer durch Einkippen den Gasstoffwechsel der Blutzellen nicht.

Zur Prüfung der Beschleunigung der Hydratation des Kohlendioxyds bediente sich BRINKMAN des Untersuchungsergebnisses von THIEL über die Hydratation des im Wasser gelösten CO_2 bei Anwesenheit von Laugen. Er verwendete zur Prüfung das U-Röhrchen der Fig. 1. Die in der Figur angegebenen Flüssigkeiten beider Schenkel sind zunächst durch Quecksilber getrennt. Nach dem Mischen wird das CO_2 bei den angegebenen Konzentrationen langsam in HCO_3'-Ionen übergeführt. Die Reaktionszeit wird durch den Farbumschlag eines Indikators gemessen. Durch Hinzufügen einer kleinen bestimmten Natriumkarbonatmenge zu dem Bikarbonat kann die Reaktionszeit auf 120 Sekunden bei 0° verlängert werden. Dies ist die Normalzeit. Gibt man Fermentspuren in den einen Schenkel des Röhrchens, so wird die Reaktionszeit außerordentlich beschleunigt. So bewirken schon etwa 0,05 γ von weitgehend gereinigten Trockenpräparaten bei 0° einen Farbumschlag in 10 Sekunden. Diese Präparate waren frei von Eisen, aber stark zinkhaltig (LOHMANN und LEINER). Alle im folgenden mitgeteilten Zahlen beziehen sich auf diese Testmethode. Die Reaktionszeiten sind in Prozent der Normalzeit bei der gleichen Gewichtsverdünnung der Gewebeextrakte mit Wasser angegeben. Bei Präparaten muß die Wirksamkeit natürlich auf Trockengewicht, Kohlenstoff- oder Stickstoffgehalt bezogen und in Wirkeinheiten ausgedrückt werden.

Bei unseren Untersuchungen über die physiologische Bedeutung des Fermentes gingen wir von der Annahme aus, daß die Aufgabe des Fermentes für die innere Atmung nicht geringer sein könnte als der für die äußere. Hatte doch schon HENRIQUES berechnet, daß das die Kapillaren der Gewebe durchfließende Blut nur einen Bruchteil der tatsächlich vorhandenen CO_2-Mengen binden könne, wenn die normale Geschwindigkeit der CO_2-Hydratation eingesetzt würde. Da das Kohlendioxyd ungehindert durch die Zellwände in die Zellen eindringen kann, müßten die stark atmenden Organe kompakter Tierkörper mit lokalisierten Respirationsflächen stets von CO_2 überschwemmt sein, wenn dieses nicht sofort in die Ionenform übergeführt werden könnte. In diesem Zustand ist ihm ein Eindringen durch die Zellwände in die Zellen normalerweise sehr erschwert oder ganz unmöglich gemacht. Nach dieser Überlegung müßte also der hohe Gehalt an Kohlensäureanhydrase in einem Gewebe auf einen hohen Gasstoffwechsel hinweisen.

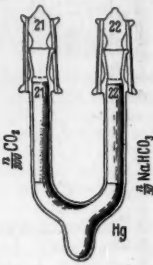

Fig. 1. BRINKMANsches Röhrchen zur Messung der Reaktionszeit bei der Hydratation des Kohlendioxyds. In jedem Röhrchenschenkel befindet sich 1 ccm der angegebenen wässerigen Lösung. Eichstriche erleichtern das genaue Füllen.

Oft ist die *Retina* des Wirbeltierauges das am stärksten atmende Gewebe im Körper. Das gilt besonders für die eigentlichen Augentiere (z. B. Vögel und viele Knochenfische). Überlegt man, daß sich die große Netzhautatmung zum größten Teil in der Sinnesepithelschicht und dem retinalen Pigmentepithel vollzieht, so kommt man zu ganz unvorstellbar hohen Gasstoffwechselzahlen, da diese Teile ja nur einen Bruchteil des Gewichtes der Gesamtretina ausmachen. Auch die hohen Zahlen für die aerobe und anaerobe Glykolyse der Retina in vitro weisen auf den mächtigen normalen retinalen Gasstoffwechsel hin. Es müßte nun die Retina sehr viel Kohlensäureanhydrase haben, und das ist bei den genannten Augentieren auch der Fall. Für die Knochenfische zeigt das die Fig. 2. Es kann also mit gutem Grunde angenommen werden, daß die Kohlensäureanhydrase an den Verbrennungsorten zur katalytischen Beschleunigung der Hydratation des CO_2 dient. Die im Gewebe selber vorhandene Fermentmenge

verwandelt einen Teil des entstehenden CO_2 in Ionenform, in der es ins Blutplasma diffundiert, während das übrige Kohlendioxyd durch die Kapillarwände in das Blutplasma und die roten Blutzellen einwandert. In letzteren wird es sofort hydratisiert, soweit es nicht als *Carbhämoglobin* gebunden wird.

Die eigenartigen anatomisch-histologischen Verhältnisse bei den Knochenfischaugen mit der fast stets blutgefäßlosen Retina schienen uns nun zu einer eingehenden Untersuchung der Rolle der Kohlensäureanhydrase bei der inneren Atmung besonders günstig zu sein. Ähnliche physiologische

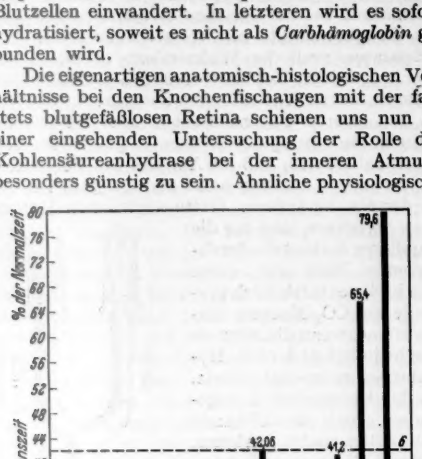

Fig. 2. Die katalytische Wirksamkeit von Gewebeextrakten der Knochenfische, gemessen mit der Hydratationsmethode. Durchschnittswerte von meist 55 Einzelmessungen. Auf der Wagrechten sind die Gewebearten mit Abkürzungen bezeichnet. *Ps.* = Pseudobranchie, *Chk.* = Chorioidealkörper, *Ch.* = Chorioidea, *Re.* = Retina, *Bl.* = Blut, *Mi.* = Milz, *Ki.* = Kieme, *Ga.* = Gasdrüse-Wundernetz der Schwimmblase, *V.* = Vorderhirn, *M.* = Mittelhirn, *H.* = Hinterhirn, *Le.* = Leber, *Rü.* = Rückenmark, *He.* = Herzmuskel.

Vorgänge scheinen sich aber auch bei den Physoklistenschwimmblasen abzuspielen. Daher sollen diese zum Vergleich herangezogen werden[1]).

In der ventralen Wand einer solchen Fischschwimmblase liegt ein einfaches oder mehrteiliges drüsiges Gebilde, das stark von Blutkapillaren durchzogen ist. Die in diese Drüse führenden arteriellen Blutgefäße kommen von einem davorgeschalteten kapillaren Wundernetz. Ebenso verzweigen sich die abgehenden venösen Blutgefäße an der gleichen Stelle zwischen dem arteriellen Wundernetz zu einem venösen Wundernetz, so daß das venöse Blut in innigem Kontakt an dem arteriellen vorüberfließt. Der Zweck eines solchen doppelten Wundernetzes kann nur der sein, die Möglichkeit zu einem Stoffaustausch zwischen beiden Blutsorten zu bieten. Früher glaubte man, und diese Meinung ist auch heute noch nicht ganz aufgegeben, die drüsigen Zellen könnten das in der Schwimmblase befindliche, wegen des ständigen Diffusionsverlustes stets ergänzungsbedürftige Gasgemisch aus Sauerstoff, Stickstoff und Kohlendioxyd selbständig abscheiden. Dann war aber die Notwendigkeit des stets davorgeschalteten Wundernetzes schwer zu deuten.

Es hat sich nun herausgestellt, daß die Schwimmblasenwand in der Gegend der Gasdrüse und des Wundernetzes auch abzüglich des Blutanteils viel Kohlensäureanhydrase besitzt. Nimmt man der Blase ihr bei den Oberflächenfischen in der Regel aus 10—20% Sauerstoff, einigen Prozent Kohlendioxyd und im übrigen aus Stickstoff bestehendes Gasgemisch durch Punktion weg, so wird bei der sofort einsetzenden Neufüllung der Blase zuerst sehr viel oder überwiegend Kohlendioxyd abgeschieden, dem bald aber immer mehr Sauerstoff folgt, so daß nach beendigter Neufüllung die Gasmischung öfter aus über 50% Sauerstoff besteht, während das schnell diffundierende Kohlendioxyd die Blase zum größten Teil wieder verlassen hat. Weiterhin hat HALL während der Neufüllung der Schwimmblase im Wundernetz eine Erniedrigung des p_H festgestellt. Auf Grund der mitgeteilten Tatsachen kann man sich folgendes Bild von der Neufüllung der Schwimmblase machen: Das Blutplasma des in der Gasdrüse ankommenden arteriellen Blutes wird dort bei Gasverlust der Blase nach nervöser Reizung der Drüsenzellen von diesen mit Spuren von Kohlensäureanhydrase versorgt, wodurch die Kohlendioxyddissoziation im Blut gesteigert wird und sich das Kohlendioxyd in großen Mengen in die Schwimmblase drückt. Auf dem Rückwege gibt das Gasdrüsenblut im Wundernetz einen Teil seines Kohlendioxydes und seines Fermentes an das ankommende Blut ab, so daß die Wirkung des physiologischen Vorganges lokal beschränkt bleibt. Durch die dadurch erhöhte Kohlendioxydspannung im arteriellen Blut wird auch die Sauerstoffdissoziation stark erhöht. Der langsam diffundierende Sauerstoff drückt sich in die Blase und verläßt sie sehr viel weniger schnell als das Kohlendioxyd. Da durch den immer vorhandenen Diffusionsverlust die Tätigkeit der Gasdrüse nie ganz eingestellt ist, gleicht das Gasgemisch in der Schwimmblase zu keiner Zeit ganz dem der äußeren Umgebung, am wenigsten bei Tiefseefischen, deren Schwimmblase ja den größten Diffusionsverlust hat. Wir sehen also bei der Neufüllung der Schwimmblase die Kohlensäureanhydrase hauptsächlich im Dienste der Sauerstoffausscheidung. Wie die die dehydratierende Wirksamkeit der

[1]) Siehe auch diese Zeitschrift 28. Jahrg. H. 3 (1940), JAKOBS, W.: Die Schwimmblase der Fische als Schwebeorgan.

Carbanhydrase steigernde und von HALL festgestellte lokale Erhöhung der Wasserstoffionenkonzentration des Blutes zustande kommt, ist noch ungeklärt.

Die Kiemen der Knochenfische enthalten meist ziemlich viel Kohlensäureanhydrase, mehr als dem Blutanteil in ihnen entspricht. Auffallend sind drüsige, etwas blasige Zellen, hauptsächlich auf der venösen Seite der Kiemenblätter. Dort liegen sie entweder nur auf dem Kiemenblatt-stamm (Fig. 3, *a. Z.*) oder noch näher an das zuführende Gefäß heran auch in den sekundären, respiratorisch tätigen Fältchen (Fig. 4). Hier hindern sie natürlich den Gasaustausch. Offenbar sind es inkretorische Zellen, die das zufließende Blut chemisch verändern. Falls diese Zellen bei der Kohlendioxydabgabe fördernd eingriffen, lägen sie an der günstigsten Stelle. Nun gibt es bei den meisten Knochenfischen einen Kiementeil, der allein schon durch seine abgesonderte Lage auf dem Rachendach seine besondere Stellung anzeigt. Er hat insofern eine einseitige Beziehung zu dem Auge, als sein ganzes Blut dorthin fließt. Alle Blättchen dieses Kiementeils, der Pseudobranchie heißt, sind vollgepfropft mit den eben bei den anderen Kiementeilen gezeigten Drüsenzellen. Es gibt nun im Knochenfischkörper kein Organ, das pro Gewichtseinheit so viel Kohlensäureanhydrase enthält wie die Pseudobranchie (Fig. 2). Daraus kann man schließen, daß die genannten Drüsenzellen das Ferment in großen Mengen gespeichert haben und vielleicht auch selbst herstellen.

Die Pseudobranchie erhält stets Blut, das schon die anderen Kiemen oder Teile davon durchwandert hat, also arterialisiert ist. Zum Gasaustausch wäre die Pseudobranchie, die oft unter dem Rachenepithel liegt, ohnehin ungeeignet. Wie die Fig. 5 zeigt, führt die Arteria ophthalmica magna das gesamte Pseudobranchienblut ins Auge. Beide Augenarterien sind durch eine Anastomose verbunden. Das Blut gelangt zunächst in ein großes, um die Sehnervmündung auf der Chorioidea liegendes hufeisenförmiges Wundernetz. Es ist der sog. Chorioidealkörper. Von da geht das Blut zu dem diffusen Wundernetz der Aderhaut, und das dort venös gewordene Blut wird im Gegenstrom an dem arteriellen im Chorioidealkörper vorübergeleitet.

Die meisten Knochenfischarten haben eine Pseudobranchie. Mit dieser ist stets der Chorioidealkörper vorhanden. Fehlt die Pseudobranchie, so fehlt auch stets der Chorioidealkörper. Die Retina der Pseudobranchien-Knochenfische ist vollständig frei von Blutkapillaren, während Knochenfische ohne Pseudobranchie, soweit bekannt, eine von der Glaskörperseite her kapillarisierte Retina besitzen (z. B. Aal und Wels). Möglicherweise gibt es Übergänge zwischen beiden Gruppen. Der ganzen Sachlage nach liegt nichts näher als ein Vergleich mit der Einrichtung Gasdrüse-Wundernetz der Physoklistenschwimmblase. Die Pseudobranchie wird wohl der Retina durch das Blutplasma das

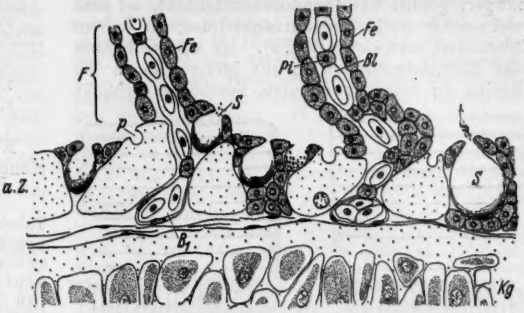

Fig. 3. Frontalschnitt durch ein Kiemenblatt von *Labrus turdus* auf der Seite des zufließenden Blutes. Mit Zeichenapp. gez., dann schematisiert. *a. Z.* = azidophile Drüsenzellen, B_1 = Blutgefäß an der Basis des Fältchens, *Bl* = Blutlakune, *F* = Kiemenfältchen, nur die Basis gezeichnet, *Fe* = Fältchenepithel, *Kg* = knorpelige Kiemengräte, *p* = Porus der azidophilen Drüsenzelle, *S* = Schleimzelle, *Pi* = Pfeilerzelle.

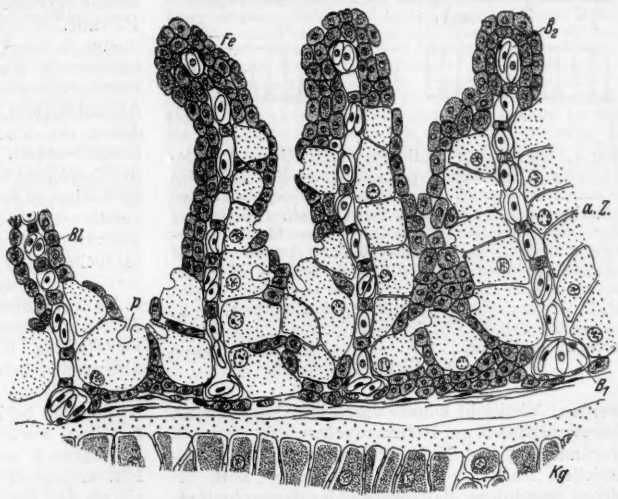

Fig 4. Frontalschnitt, etwas schief nach innen geführt, durch die Spitze eines Kiemenblättchens von *Labrus turdus*. Mit Zeichenapp. gez., schematisiert. Bezeichnungen wie Fig. 3. B_2 = Blutgefäß an dem Außenrand der Fältchen.

Ferment liefern, welches diese ja nicht von den Erythrozyten beziehen kann. Der Chorioidealkörper, gefüllt mit Pseudobranchienblut, ist sehr viel reicher an Kohlensäureanhydrase, als seinem Blutanteil entspricht (Fig. 2). Es könnte in ihm das Regulationsorgan für die Menge des in die Retina zu transportierenden Fermentes erblickt

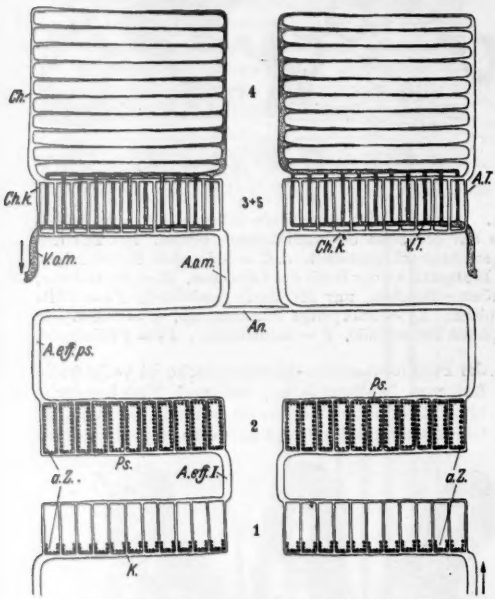

Fig. 5. Schema des Blutlaufes durch Kieme, Pseudobranchie, Chorioidealkörper und *Chorioidea* bei vielen Knochenfischen. *K.* = 1. Kieme mit azidophilen Zellen (Punkte) auf der venösen Seite, *A. eff.* 1 = Abzweig der *Arteria efferens* 1, *Ps.* = Pseudobranchie mit azidophilen Zellen (a. Z.), *A. eff. ps.* = *Arteria efferens pseudobranchialis*, *An.* = Anastomose, *A. o. m.* = *Arteria ophthalmica magna*, *Ch. k.* = Chorioidealkörper, *A. T.* = arterieller Teil des Chorioidealkörpers, *V. T.* = venöser Teil des Chorioidealkörpers, *Ch.* = Capillarnetz der *Chorioidea*, *V. o. m.* = *Vena ophthalmica magna*, 1—5 = die fünf Wundernetze.

werden. Vielleicht könnte durch ihn aber auch das Sauerstoffgefälle zur Retina reguliert werden durch Veränderung der Kohlendioxydspannung im arteriellen Blut. Jedenfalls kann man wohl als sicher annehmen, daß die Kohlensäureanhydrase in der Retina dazu dient, das bei der großen retinalen Atmung entstehende Kohlendioxyd rasch in Ionenform überzuführen. Eine Reihe von Hinweisen, von denen einige wichtige im folgenden kurz skizziert sind, sprechen für diese Gedanken.

Die Gewichtszahlen der Pseudobranchie verschiedener Fischarten gehen parallel mit den Gewichtszahlen der Chorioidealkörper und der Größe der Augen, unabhängig von der Größe des Fisches (Tabelle 3).

Tabelle 3.

Größter Augendurchmesser	Durchschnittsgewichte in mg	
	Chorioidealkörper	Pseudobranchie
0,75—0,95	22,75	23,34
1,0 —1,28	35,90	39,98
1,5 —2,2	110,36	88,40

Ebenso entsprechen einander die Fermentmengen in den Pseudobranchien und den Augen pro Gewichtseinheit (Tabelle 4).

Tabelle 4. Vergleich der katalytischen Wirksamkeit von Augen- und Pseudobranchienextrakt. Durchschnittszahlen von verschiedenen Fischarten. Reaktionszeit in Prozenten der Normalzeit, Hydratationsmethode.

Pseudobranchie	Auge
1,95	6,91
3,32	13,22
15,12	33,39

Das sieht also so aus, als verhielten sich beide Organe korrelativ. Stets zeigen jene Knochenfischarten, bei denen das Sehen stark im Hintergrund ihres Sinneslebens steht, z. B. sessile mit winzigen Augen, eine im Vergleich zu andern Fischen auffallend geringe Fermentmenge in ihren Augen. Hiermit geht auch eine geringere Fermentmenge in den Pseudobranchien parallel. Offenbar hängen die Fermentmengen in den Augen und Pseudobranchien stark von der Intensität der Augentätigkeit ab. Das zeigen auch Versuche, bei denen die Fische in verschiedenem Grade belichtet wurden. Bei normaler Tagesbeleuchtung hat die Chorioidea meist sehr viel weniger Ferment als die Retina, es ist also offenbar ein starkes Fermentgefälle von der Aderhaut zur Netzhaut vorhanden. Belichtet man die Tiere einige Tage lang mit zusätzlichem starkem elektrischem Licht, so mißt man in der Regel etwa die gleiche Verteilung, aber es ist eine größere Fermentmenge als normal in der *Retina* vorhanden. Diese Tatsache kann mit der Feststellung KANEKOS verglichen werden, daß übernormal belichtete Säugetieraugen einen stark erhöhten Gasstoffwechsel aufweisen. Ganz anders ist das Bild bei Fischen, die 4—6 Tage im Dunkeln gehalten wurden. Die Aderhaut ist genau so fermentreich wie die Netzhaut, als sei in ihr der Fermentabfluß ins Stocken geraten. Es scheint, als ob das Ferment in unbelichteten Netzhäuten sehr viel weniger verbraucht werde als in belichteten. Auffallend hoch ist der Fermentgehalt in der Milz bei diesen Tieren.

Es sei noch kurz die Fermentverteilung in den Augen der Vögel und Säugetiere gestreift. In den Glaskörper des Vogelauges ragt, an der Eintrittstelle des Sehnerven festgewachsen, ein schwarz pigmentiertes, kammartig zerteiltes, stark kapillarisiertes Gebilde, das man *Pekten* genannt hat. Man sollte meinen, daß dieses Gebilde die Sehfunktion

störe. Überraschenderweise ist der Pekten bei den untersuchten Vogelarten das fermentreichste Gewebe im Vogelkörper. Nur das Blut hat noch größere Mengen davon. Fermentreich ist auch die Retina. Die Verhältnisse bei den durchbluteten Säugetiernetzhäuten müssen noch näher untersucht werden. Manchmal gehört auch hier die Retina zu den fermentreicheren Gewebearten. Auffallend groß war der Fermentgehalt von Netzhaut und Aderhaut bei einem gemessenen albinotischen Kaninchen im Verhältnis zum normalen.

Literatur.

R. Brinkman, J. of Physiol. **80** (1933). — Brinkman u. Margaria, J. of Physiol. **72**, Proc. (1931). — M. N. J. Dirken u. H. W. Mook, Biochem. Z. **219** (1930). — K. J. Faurholt, Chim. Phys. **21** (1924); **22** (1925). — I. K. W. Ferguson u. F. I. W. Roughton, J. of Physiol. **83** (1934). — Ferguson, Lewis u. Smith, J. cellul. a. comp. Physiol. **10** (1937). — H. van Goor, Arch. internat. Physiol. **45** (1937) — Acta brev. neerl. Physiol. **9** (1939). — F. G. Hall, Biol. Bull. **47** (1924). — H. Hartridge u. F. I. W. Roughton, J. of Physiol. **62** (1927). — L. I. Henderson u. C. D. Murray, Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden Abt. 5, Tl. 8 (1935). — O. M. Henriques, Erg. Physiol. **28** (1929). — O. M. Henriques, Biochem. Z. **260** (1933). — W. Jacobs, Z. vergl. Physiol. **11** (1930); **18** (1932); **20** (1934). — T. Kaneko, Pflügers Arch. **209** (1925). — M. Leiner, Z. vergl. Physiol. **26** (1938). — H. Luckner, Pflügers Arch. **241** (1939). — Meldrum u. Roughton, J. of Physiol. **80** (1934). — R. Mond, Pflügers Arch. **217** (1927); **219** (1928). — F. I. W. Roughton, Physiologic. Rev. **15** (1935). — Roughton u. Booth, Biochemic J. **32** (1938). — Stadie W. C. u. O'Brien H., Biochem. Z. **237** (1931); J. biol. chem. **103** (1933). — A. Thiel, Ber. dtsch. chem. Ges. **46** (1913); **46** (1913); **47** (1914); **47** (1914).

Kurze Originalmitteilungen.

Für die kurzen Originalmitteilungen ist ausschließlich der Verfasser verantwortlich.

Über den Einfluß hydrolysierender Fermente auf Viruskörper (Hühnerpest- und Vaccinevirus).

Von Stanley, Wyckoff und Mitarbeitern[1]) wurde erstmalig bewiesen, daß ein Virus (Tabakmosaikvirus) ein kristallisierbarer Eiweißkörper (Globulin) ist, dessen Kristalle aus langgestreckten Stäbchen von der Bauart 100 Å zu 1000 Å bestehen[2]), welche nach Svedberg[3]) ein Molekulargewicht von etwa 17 Millionen besitzen. In der Folge wurden für andere Viruskörper auf gleichem Wege ähnliche qualitative und quantitative Werte ermittelt[4]).

Hierdurch angeregt habe ich versucht, für das Hühnerpest- und das Vaccinevirus eine qualitative Analyse hinsichtlich der vermutlichen Eiweißnatur derselben durchzuführen. Die genannten Viruskörper sind chemisch-physikalischen Eingriffen (z. B. Fällungen, Temperaturänderungen usw.) gegenüber außerordentlich instabil. Daher wurde von mir eine Methode gewählt, welche diese speziellen Verhältnisse berücksichtigte, die Analyse der Viruskörper durch enzymatische Spaltung. Vorausgesetzt wurde, daß das Virus hierdurch entweder so gespalten wurde, daß es in seinem biologischen Verhalten völlig verändert war (sichtbar gemacht im Tierversuch durch einen negativen Ausfall der spezifischen Infektionsmerkmale nach der Verimpfung) oder erhalten blieb unter voller Virulenzentfaltung (Auswertung: Titration). Ausgeschlossen wurden mögliche strukturelle Umwandlungen des Virus, wie sie etwa durch Verankerung an bestimmte Adsorbentien entstehen, wodurch aus Viruskörpern (in noch nicht geklärter Weise) Immunkörper von spezifischer biologischer Wirkung entstehen können[5]). Das Kriterium der gesamten Versuchswertung bildet somit der Virulenztest.

Das Versuchsmaterial sind kolloide Viruslösungen (Verdünnungen 1 : 50 bis 1 : 100), welche gemäß der Natur der Trägersubstanz (Substrate: Leber, Plasma, Hoden, Hirn, Haut) gewisse Unterschiede zeigen; diese Lösungen werden so gepuffert, daß sie den p_H-Wert des entsprechenden Hydrolyseoptimums erreichen. (Ausnahme: Pepsinasewirkung.) Entsprechendes gilt bezüglich der Pufferung für die spaltenden Fermente (Handelspräparate und Organextrakte); sie werden (sofern kristallisiert) als 1proz. oder 0,6proz. Lösungen verwendet. Alle Spaltungen erfolgen bei 37° während 24 Stunden, seltener während 72 Stunden. In einigen Fällen wurde fraktioniert hydrolysiert. Kontrollen für die Enzymwirkung werden bei jeder Versuchsreihe an entsprechenden bekannten Eiweißmodellen durchgeführt.

Auch weitgehend gereinigtes, von der Trägerphase befreites Virus (filtriert durch Seitz-Filter, Verdünnung 1 : 100, 1 Stunde dem etwa 37000fachen der Erdbeschleunigung ausgesetzt) wurde der fermentativen Spaltung unterworfen.

Hydrolyse bei 37° C während 24 Std.
Neg. Hydrolyse = pos. Infektionsablauf. Kontrollversuch: Eiweißmodell (+) = Hydrolyse.

Spaltende Fermente	p_H	Vaccinevirus	H. P.-Virus	Eiweißmodell	p_H	Hydrolyse
a) Endopeptidasen.						
1. Pepsinase	4,5	(—)	-----	-------		
2. Pepsinase	6,0	-----	(—)	-------		
3. Tryptase	8,2	(—)	(—)	Casein	8,0	(+)
4. Tryptase (aktiviert + CO-Tryptase)	8,0	(—)	(—)	Casein	8,0	(+)
5. Trypsin (Organextrakt) + CO-Tryptase	8,2	(—)	(—)	Fibrin	8,2	(+)
6. Papainase	6,0	(—)	(—)	Gelatine	5,8	(+)
7. Papainase (aktiviert: H_2S)	6,0	(—)	(—)	Gelatine	6,0	(+)
8. Papainase (aktiviert: Zystein)	6,0	(—)	(—)	Gelatine	6,0	(+)
b) Exopeptidasen.						
9. Erepsin (Organextrakt)	7,8	(—)	(—)	Glycylglycin	7,8	(+)
10. Prolidase	8,0	(—)	(—)	-----		
c) Hydrolyse (fraktioniert).						
11. Pepsinase ↔ Neutralisation ↔ Tryptase	...	(—)	(—)	-----		
d) Autolyse.						
12.	5,9	-----	(—)			
13.	5,0	(—)	-----			

Die Effekte sind — nur für einige Fermente durchgeführt — bei beiden Versuchsanordnungen gleich. Auch mit grobdispersen Virusaufschwemmungen erzielt man bei einer Spaltungsdauer von mehr als 24 Stunden die gleichen Resultate.

Besondere Berücksichtigung erfordert die p_H-Stabilität des Viruskörpers, da hiervon der Grad der erzielten Hydrolyse abhängig ist. Für Hühnerpestvirus liegt der Wert der sicheren Stabilität (also für mehr als 24 Stunden) bei p_H 6,0 bis 10,0, für Vaccinevirus bei p_H 4,5 bis 11,0 [vgl. auch die p_H-Haltbarkeitsmessungen von PYL[6])]. Auf die vorliegende Untersuchung bezogen — also für eine Spaltungszeit bis zu 24 Stunden — liegen die Verhältnisse noch günstiger.

Schon geringe Abweichungen von den genannten p_H-Stabilitätswerten bewirken innerhalb weniger Stunden irreversible strukturelle Deformationen am Viruskörper (Virulenzverlust). Daraus geht hervor, daß die Hydrolyse des Virus durch Endopeptidasen in stark saurem Milieu nicht im Optimum erreicht wird. Berücksichtigt man jedoch, daß der relative Grad der Spaltung von Eiweißkörpern bei Pepsinasewirkung mit dem Ionisierungsgrad derselben symbat geht, so mußte auch bei p_H 6,0 für H.P.-Virus [isoelektrischer Punkt, ermittelt durch Elektrophorese: p_H 7,9 bis 8,1, nach Substrat verschieden, Messung von BUSCH[7]) p_H 8,0] Hydrolyse möglich sein. Beim Vaccinevirus liegen die entsprechenden Verhältnisse günstiger, da bei der Pepsinasewirkung bei p_H 4,5 nach den von NORTHROP ermittelten p_H-Aktivitätswerten noch ein geringer Wirkungsgrad erreicht wird. Der Sicherheit halber wurde hierbei die Hydrolyse über 72 Stunden vorgenommen unter Ergänzung des Ferments.

Ferner wurde fraktioniert hydrolysiert — gemeint ist der Vorgang Pepsinasespaltung $\rightleftarrows$ Neutralisation $\leftrightarrows$ Tryptasespaltung bei den genannten Wasserstoffzahlen, Tryptase bei p_H 8,2; es wurde keine Virulenzverminderung festgestellt. Ebenso hat sich ein Einfluß der Zeit auf die Spaltung beim Vaccinevirus (24—72 Stunden) nicht erkennen lassen. Die Ergebnisse der enzymatischen Hydrolyse der Viruskörper sind in der Tabelle zusammengestellt. Sie lassen eindeutig erkennen, daß sowohl Endo- als auch Exopeptidasen eine Hydrolyse des Viruskörpers weder in Gegenwart der Trägersubstanz noch bei Reinigung des Virus durch Ultrazentrifugierung bewirken, obwohl die Substrate gespalten werden. Da nach neueren Untersuchungen[8]) auch die Molekulargröße des Substrates belanglos für die Angreifbarkeit durch Endopeptidasen ist, möchte ich diesem Punkt bei der vorliegenden Untersuchung erhöhte Beachtung schenken. Besonders hervorgehoben sei noch, daß sich bei der titrationsmäßigen Auswertung des Virus gerade bei der Wirkung der Endopeptidasen eine Virulenzverminderung nicht hat feststellen lassen.

Aus den mitgeteilten Versuchen geht hervor, daß die beiden untersuchten Viruskörper, obwohl an die Globuline gebunden, zumindest keine Eiweißkörper der uns zur Zeit bekannten Bauart sein können. Ihre Struktur scheint wesentlich komplizierter zu sein, was nach den bisher ermittelten Teilchengrößen nur wahrscheinlich ist.

Leipzig, Hygiene-Institut der Universität, den 27. Februar 1940. ERWIN WEINECK.

[1]) STANLEY, J. of biol. Chem. 121 (1937) — Science 81 (1935).
[2]) BAWDEN u. PIRIE, Nature 138 (1936). — BERNAL u. FANKUCHEN, Nature 138 (1936).
[3]) SVEDBERG, J. amer. chem. Soc. 58 (1936).
[4]) BEARD u. WYCKOFF, Science 85 (1937). — WYCKOFF, Naturwiss. 25 (1937).
[5]) S. SCHMIDT, Arch. Virusforsch. 1 (1939).
[6]) PYL, Behringwerkmitteilungen H. 9 (1938).
[7]) POPPE u. BUSCH, Z. Immun.forsch. 68 (1930).
[8]) BERGMANN u. NIEMANN, J. of biol. Chem. 118 (1937).

Über den Einfluß von Magnesium- und Mangansalzen auf das Wachstum von Phycomyces.

Der Brotpilz Phycomyces Blakesleeanus vermag in einer Nährlösung, die im Liter 1,5 g KH_2PO_4, 0,5 g $MgSO_4$, 0,25 g $CaCl_2$, 0,01 g $FeSO_4$, 0,6 g Asparagin, 60 g Traubenzucker und als Wachstumsfaktor noch 10—20 γ Aneurin enthält, ausgezeichnet zu wachsen [SCHOPFER[1])]. Ohne Magnesium findet, wie bekannt, überhaupt kein Wachstum statt. Zusatz von 0,1 γ $Mg^{..}$ (als $MgSO_4$) zu 40 ccm Nährlösung löst aber schon ein erhebliches Wachstum aus. Das Magnesiumsulfat kann nun durch Mangansulfat zum Teil vollständig ersetzt werden, allerdings nur bei geringen Konzentrationen. Von etwa 300 γ Mn (als $MnSO_4$) pro 40 ccm Nährlösung ab erfolgt im allgemeinen kein Wachstum mehr. Durch Zusatz der gleichen Menge Mg wird diese Hemmung aufgehoben. In der Tabelle sind 2 Versuche bei 25 und 17° (Wachstumszeit 29 Tage) wiedergegeben.

Tabelle.
Je 40 ccm Mg-frei angesetzte Nährlösung und 1 γ Aneurin. Zusatz $MgSO_4$ bzw. $MnSO_4$.

Temperatur	Zusatz in γ		Zunahme des Trockengewichts in mg mit		
	Mg	Mn	Mg	Mn	Mg + Mn
25°	—	—	0	0	0
	0,1	0,1	57	56	55
	0,3	0,3	56	54	56
	1	1	54	55	58
	3	3	62	52	75
	10	10	63	52	76
	30	30	87	49	99
17°	—	—	0	0	0
	1	1	20	10	23
	3	3	27	13	21
	10	10	47	14	46
	30	30	84	21	89
	100	100	97	23	104
	300	300	94	Spur	98
	1000	1000	104	Spur	110

Das Mangan kann also nicht nur bei enzymatischen Umsätzen mit isolierten Fermenten das Magnesium ersetzen (Milchsäurebildung, alkoholische Gärung, Decarboxylierung der Brenztraubensäure), sondern auch in der lebenden pflanzlichen Zelle selbst. Die Untersuchung wird an anderen Pflanzen fortgesetzt.

Berlin, Physiologisch-Chemisches Institut der Universität, den 28. Februar 1940. K. LOHMANN. C. T. CHENG.

[1]) W. H. SCHOPFER u. A. JUNG, Arch. Mikrobiol. 6, 510 (1935).

Der Bedarf an Spurenelementen bei Chlorella.

Die einzellige Grünalge Chlorella eignet sich besonders gut zur Erfassung physiologischer Einzelleistungen. Wir untersuchten daher diese Alge auf ihren Bedarf an Spurenelementen mit feinerer Methodik, als dies bisher geschah. Die Stammnährlösung setzte sich aus den üblichen, jedoch durch mehrmaliges Umkristallisieren hoch gereinigten Nährsalzen und aus Wasser zusammen, das ebenso wie das zur letzten Umkristallisation verwandte Wasser nach mehrfacher Vordestillation über Quarz destilliert worden war. Kulturkolben und Hilfsgeräte bestanden ebenfalls aus Quarz. Die phosphatgepufferte Stammnährlösung enthielt $K^{.}$-, $Na^{.}$-, $Ca^{..}$-, $Mg^{..}$-, $Fe^{...}$-, $Mn^{..}$-, $NO_3^{.}$-, $PO_4^{...}$- und $SO_4^{..}$-Ionen.

In dieser Lösung zeigte Chlorella nur kümmerlichstes Wachstum. Zusatz von 30 γ Zink als Zinksulfat in 150 ccm Kulturflüssigkeit ergab dagegen dunkelgrüne, normale Massenkulturen, während Zusatz von Bor oder Kupfer keine Wirkung hatte. Wie Zinkzusatz wirkte die Überführung von Zinkmangelkulturen in Jenaer Glaskolben. Die Zinkwirkung wird zuerst erkennbar in der Anregung der Chlorophyll- bzw. Chloroplastenneubildung, auf die sekundär Zell- und Trockengewichtsvermehrung folgt:

(Temp. = 17,5—20°)	1	2	3	4
ZZ · 10^6/ccm . . .	7	2	290	240
Z-Vol./ccm in cmm	0,45	0,22	7,9	7,8
Trgew./ccm in γ .	110	45	1820	1730
γ-Chloroph/γ Trgw.	0,010	0,0022	0,0176	0,0156
p_H-Anfang	5,9	5,9	5,9	6,0
p_H-Ende	6,0	6,0	6,55	6,65
Kulturdauer in Tagen	9	9	21	16

Spalte 1: Zinkfreie Nährlösung beimpft aus gewöhnlicher Agarkultur; Sp. 2: Zinkfreie Nährlösung, beimpft aus Zink-Mangelkultur in Quarz. Spalte 3: Ebenso, jedoch Zusatz von 30 γ Zn als $ZnSO_4$ in Quarz. Spalte 4: Zinkfreie Nährlösung, beimpft aus Zink-Mangelkultur in Quarz, jedoch kultiviert in Neutralglaskolben. Impfmenge jeweils 20000 bis 30000 Zellen für 150 ccm Nährlösung. Auswertung nach Sistieren des Wachstums.. ZZ = Zahl der Zellen; Z-Vol. = gesamtes Zellvolumen.

Die Zinkwirkung bleibt auch bei mixotropher Ernährung, d. h. bei Zusatz von Glykose und Gegenwart von Licht, erhalten.

Calciumfreie Stammnährlösung mit optimalem Zinkzusatz ergab ebenfalls nur kümmerliches Wachstum. Zusatz von 0,15 γ Ca zu 150 ccm Nährlösung komplettierte diese; ebenso wirkte die Überführung von calciumfreier Kultursuspension in Jenaer Glaskolben. Im Gegensatz zum Verhalten des Zinks traten nach Calciumzusatz zu Calciummangelkulturen Chlorophyllneubildung und Zellvermehrung gleichzeitig ein. Somit hat das Zink eine spezifische Wirkung auf die Chlorophyll- bzw. Chloroplastenbildung. Auch ist die Calciumwirkung im Gegensatz zum Verhalten des Zinks p_H-abhängig.

Die zahlreichen Arbeiten, in denen die Frage der Ca-Bedürftigkeit niederer Algen und Pilze in unterschiedlichem Sinne beantwortet wurde, dürften somit dahin zu korrigieren sein, daß Calcium für derartige Organismen Spurenelement ist und in dieser Eigenschaft allgemeinwichtige Funktionen auszuüben hat, die bei anderen Organismen, deren Ca-Bedarf aus verschiedenen funktionellen Gründen weit höher ist, eben dadurch überlagert werden. Eine Parallele hierzu bietet das Magnesium, das für die Chlorophyllbildung in verhältnismäßig großer Menge benötigt wird und daneben als „Spurenelement" das Co-Ferment der allgemein lebenswichtigen Phosphorylierung nach LOHMANN[1]) darstellt.

Es soll nicht entschieden werden, ob Ca, Fe, Mn und Zn die einzigen für Chlorella lebenswichtigen Spurenelemente darstellen, sondern es soll dieses Ergebnis nur auf die von uns erreichte Reinheit der Stammnährlösung bezogen werden. Denn, wenn statt Zink die aus zahlreichen Elementen bestehende Zusatznährlösung von HOAGLAND der Stammnährlösung zugesetzt wurde, so war deren Wirkung besser, als ihrem Zinkgehalt entsprach. Es könnte also ein Synergismus zwischen Zink und irgendwelchen Elementen der Hoagland-Nährlösung vorliegen, deren Konzentration jedoch unter den von uns erfaßten Mengen liegen müßte.

Berlin-Dahlem, Pflanzenphysiologisches Institut der Universität Berlin, den 5. März 1940.

K. NOACK. A. PIRSON. G. STEGMANN.

[1]) K. LOHMANN, Biol. Z. 237, 445 (1931).

Besprechungen.

ANDREE, JULIUS, **Der eiszeitliche Mensch in Deutschland und seine Kulturen.** Mit Beiträgen von F. K. BICKER, W. HÜLLE und H. PIESKER. Lief. 1—4. Stuttgart: Ferdinand Enke 1939. IX, 758 S., 360 Abbild. 16×24 cm. Preis brosch. RM 56., geb. RM 59.—.

Seitdem R. R. SCHMIDT den ersten, unvollendet gebliebenen Versuch unternommen hat, die diluviale Vorzeit Deutschlands darzustellen, sind 25 Jahre vergangen. Die Erforschung der eiszeitlichen Kulturen hat seitdem sich in ungeheurem Ausmaße geweitet und sich im mitteleuropäischen Raume auf völlig neue Grundlagen gestellt. Die reine Typologie der Franzosen mit ihrer klassischen Gliederung des Paläolithikums ist zugunsten der stratigraphisch-chronologischen, d. h. naturwissenschaftlichen, Arbeitsweise so ziemlich verlassen worden. Die vergleichende Betrachtung der stratigraphisch gesicherten Fundgruppen zeitigte zudem Ergebnisse, die geeignet sind, die westeuropäische traditionelle Gliederung der Eizseitkulturen nach vielen Richtungen hin einer Revision zu unterziehen. Eine Anwendung des westeuroäpischen Kulturschemas ist für Deutschland nicht möglich. Zur Zeit befinden wir uns in einer tiefgreifenden Umgestaltung der gesamten Vorstellungen über die kulturgeschichtliche Evolution während des Diluviums. — Was in dieser Hinsicht bisher erreicht ist, was auf gesicherter Grundlage ruht und auch, was an Hypothesen gegenwärtig vertretbar erscheint, enthält die von ANDREE vorgelegte Arbeit. Sie basiert auf einer erschöpfenden Gesamtaufrechnung des mitteldeutschen bzw. mitteleuropäischen Fundmaterials und ist ein Standardwerk ersten Ranges! Neben dem rein Kulturgeschichtlichen aber bietet das Werk, das allenthalben den Verf. als einen biologisch denkenden und mit naturwissenschaftlicher Exaktheit arbeitenden Forscher erkennen läßt, auch für die Rassengeschichte wesentliche Ergebnisse und Hinweise. So ist das Buch zugleich eine Art biologische Universalgeschichte des mitteleuropäischen Diluviums.

Es wird zunächst eine knappe, aber doch ausreichende Schilderung der gesamten Umweltsbedingungen gegeben, die während des Diluviums der Mensch erlebte und denen er zu begegnen hatte. Der Hauptteil befaßt sich mit den kulturellen Hinterlassenschaften. Wie auch schon in dem 1. Abschnitt, wird die Bedeutung der Geologie und Paläontologie besonders betont, denn sie sind „grundlegend für die Altersansetzung der menschlichen Kulturen". Die Typologie eines Fundkomplexes kann für die Chronologie nicht ausschlaggebend sein. Nur wenn eine stratigraphische Festlegung nicht gelingt, wie z. B. bei manchen Höhlenfunden, „wird man die Typologie unter Beachtung aller etwaigen Fehlerquellen zur Einstufung des Fundes heranziehen müssen". Die im mitteleuropäischen Raum vorhandenen diluvialen Kulturen können heute in 3 große Gruppen zusammengefaßt werden: Handspitzen-, Blattspitzen- und Klingenkulturen, entsprechend den das Gepräge der Kulturen bestimmenden Hauptgerätetypen. Dazu treten — als besonders interessant — „Übergangskulturen". Die Faustkeilkultur kann nur vereinzelt in Westdeutschland festgestellt werden. Das Fundmaterial dieser drei Kulturgruppen wird nun in einer ungemein sorgfältigen und umfassenden Darstellung in Wort und Bild — viele Hunderte von Figuren von Geräten in Originalgröße — vorgeführt (S. 144—587). Allein dieser Teil des Werkes stellt eine ungewöhnliche Leistung dar und wird von allen sehr begrüßt werden, die selbst in der Vorzeitforschung tätig sind. Es ist ein wahrer Bestimmungsatlas für alle bisher bekanntgewordenen Typen von Silexgeräten. Jede Fundstelle wird nach Stratigraphie, Kulturinventar und typologischer Stellung genau beschrieben und beurteilt. Vorangestellt sind diesem Hauptteil 3 Berichte über neue Fundstellen von besonderer Wichtigkeit (BICKER, HÜLLE, PIESKER).

An den systematisch-kulturhistorischen Teil schließt sich eine Zusammenstellung der in Deutschland bisher gehobenen — leider ja recht spärlichen — diluvialen Menschenreste (der Fund von Berghausen ist wohl nicht gesichert, für den Schädel vom Kaufertsberg wäre besser die neue Zusammensetzung von S. EHRHARDT abgebildet worden).

Nachdem so das Gesamtmaterial in kritischer Sichtung vorgelegt worden ist, bringt der folgende Abschnitt eine Darstellung der Lebensweise des eiszeitlichen Menschen. Auch für diesen Abschnitt wird man dem

Verf. sehr dankbar sein! Enthält er doch alles Wesentliche, was sich über die Gesamtkultur und die Lebensgewohnheiten des Diluvialmenschen bis hinein in das geistige Leben (Kultgebräuche, Kunst) auf Grund des Fundmaterials und der Fundumstände aussagen läßt. Die entwicklungsgeschichtliche (kulturelle und rassische) Auswertung bringt der umfangreiche folgende Abschnitt (S. 633—730), der sich kritisch mit den Problemen der Verbreitung und des Entwicklungsganges der Eiszeitkulturen im Rahmen der Gesamtdiluvialgeschichte der Menschheit befaßt. An Hand zahlreicher Karten wird die geographische Verbreitung der Fundgruppen dargestellt und in Tabellen die genetischen Beziehungen der Gruppen zueinander übersichtlich gezeigt. Zusammengefaßt gelangt ANDREE zu folgendem Ergebnis: Die Handspitzenkulturen sind im mitteleuropäischen Raume bodenständig. Sie beginnen hier, sieht man von einem Einzelfund (Schaber von Rastenberg) aus dem Günz-Mindel-Interglacial ab, mit den Funden von Oberwerschen (Kreis Weißenfels) und Kl. Wangen (bei Wettin) im Elster-Saale(=Mindel-Riß)-Interglacial. Es sind dies die ältesten Funde der Handspitzenkulturen überhaupt! Aus den Handspitzenkulturen „gehen in Mittel- und wohl auch in Westeuropa die Klingenkulturen hervor" . . . „am frühesten in Mitteldeutschland". Finden sich doch schon in den ältesten Hinterlassenschaften der Handspitzenkulturen die Wurzeln der Klingenkulturen angedeutet. Auch die Ableitung der Blattspitzenkulturen aus den Handspitzen ist nachweisbar. So ergibt sich eine lückenlose Kontinuität in der Kulturentwicklung des Diluviums. Die Hypothese eines außereuropäischen Ursprungs der Klingenkulturen kann damit als widerlegt gelten. Die Klingenkulturen „vor allem aber sind aufs engste — über die Mittelsteinzeit, zusammen mit Grobkulturen — verknüpft mit den jungsteinzeitlichen indogermanischen Kulturen Mitteleuropas". Die Kontinuität besteht aber auch noch in anderem Sinne. So zieht ANDREE denn auch die unausweichlichen rassengeschichtlichen Konsequenzen: Der kulturgeschichtlichen Kontinuität muß eine rassengeschichtliche entsprochen haben. Hier taucht nun das, man kann wohl sagen, mehr berüchtigte als berühmte — Problem der genetischen Beziehungen zwischen Neandertaler und Sapiensmensch auf. Die Handspitzenkulturen wurden vom Neandertaler getragen, die Klingenkulturen aber sind Sapienskulturen! Zahlreiche Anthropologen wollen bekanntlich von einem genetischen Zusammenhang zwischen beiden Menschenarten nichts wissen. Die Westeuropäische spezialisierte Neandertalgruppe scheidet wohl auch in der Tat als Vorfahrengruppe aus; die ebenfalls spezialisierte westeuropäische Handspitzenkultur erlischt ja auch ohne Fortsetzung. In Mitteleuropa aber ist an der Kontinuität von Handspitzen- und Klingenkulturen nicht mehr zu zweifeln. Es ist sehr beachtenswert, daß die hier gefundenen „Neandertaler" von jeher in dem Verdacht standen, Vorformen des Homo sapiens zu sein (Fund von Ehringsdorf). Außerdem ist in dem Schädel von Steinheim ein Anhaltspunkt dafür gegeben, daß die Entwicklung des Homo sapiens aus gegenüber den extremen letzteiszeitlichen Neandertalern weniger spezialisierten neandertalähnlichen Typen erfolgt ist. Die kulturgeschichtliche Diluvialforschung gibt hier der Rassengeschichte durch ihren Kontinuitätsnachweis einen bedeutsamen Fingerzeig, dem ernsthafteste Beachtung geschenkt werden muß! Das Neandertalproblem ist insofern nochmals zu überprüfen, ob sich nicht doch die morphologische Möglichkeit bietet, den Homo sapiens in seiner alteuropäischen Langkopfform (als Vorform der nordisch-fälischen Rassengruppe) an die weniger extremen Neandertalformen des letzten Interglacials anzuschließen, wie dies SERGI kürzlich bereits getan hat. ANDREE ist jedenfalls davon überzeugt — und der Ref. stimmt ihm darin zu — daß der europäische Sapiensmensch sich in Europa ohne Einwanderung fremder außereuropäischer Elemente entwickelt hat. Wenn auch das anthropologische Fundmaterial gegenwärtig noch recht spärlich ist, dürfte diese Auffassung bei dem derzeitigen Stand der Dinge die am besten begründete sein.

Mögen auch mit dem Fortschreiten der Diluvialforschung für manche Einzelheiten der von ANDREE gegebenen Darstellung der Beziehungen der Eiszeitkulturen zueinander Änderungen notwendig werden, wie dies bei der in schneller Vermehrung begriffenen Fundmenge nur natürlich erscheint, mögen gegenüber dieser oder jener Beurteilung sich Widersprüche regen, so dürften deshalb doch die vom Verf. aufgezeigten großen Linien in der Entwicklung der mitteleuropäischen Diluvialkulturen endgültig feststehen. Aber selbst dann, wenn sich mit der Zeit auch grundsätzliche Änderungen als notwendig erweisen sollten, wird das Werk seinen Wert nicht verlieren. Als ein Handbuch von seltener Vollständigkeit und Zuverlässigkeit wird es für Vorgeschichtler und Rassenkundler unentbehrlich bleiben. G. HEBERER, Jena.

JOST, WILHELM, **Explosions- und Verbrennungsvorgänge in Gasen.** Berlin: Julius Springer 1939. VIII, 608 S. und 277 Abbild. 15 cm × 23 cm. Preis brosch. RM 46,50, geb. RM 49.50.

„Ziel bei der Abfassung des vorliegenden Buches war es, die experimentellen und theoretischen Grundtatsachen der Explosions- und Verbrennungsvorgänge in Gasen in solcher Vollständigkeit im Zusammenhang darzustellen, daß das Buch, außer eine Einführung in das Gebiet zu vermitteln, auch dem in irgendwelchen Teilgebieten Arbeitenden von praktischem Nutzen sein kann."

So beginnt das Vorwort. Das Buch bringt dann nach einer kurzen Einleitung folgende Kapitel:

1. Einleitung von Explosionen (Selbstzündung) als Wärmephänomen.
2. Funkenzündung I. (Wärmetheorie der Funkenzündung.)
3. Fortpflanzung von Explosionen.
4. Explosionen in geschlossenen Gefäßen.
5. Detonation.
6. Flammen nicht vorgemischter Gase.
7. Flammentemperaturen, Strahlungsuntersuchungen an Flammen.
8. Kinetik der Verbrennungs- und Explosionsvorgänge.
9. Die Knallgas- und Kohlenoxydverbrennung.
10. Funkenzündung II, Reaktion in elektrischen Entladungen.
11. Die Verbrennung von Kohlenwasserstoffen.
12. Die Verbrennung im Otto-Motor.
13. Verbrennung im Dieselmotor.

Den Schluß bildet ein Verzeichnis von „zusammenfassenden Darstellungen des Gebietes" — richtiger vielleicht „aus dem Gebiet" — und ein sehr gründlich bearbeitetes Namens- und Sachverzeichnis.

Die Aufgabe, die sich der Verfasser gestellt hatte, war nicht leicht. Die Forschungen über die behandelten Vorgänge sind ganz außerordentlich zahlreich und die erfreulichen und die unerfreulichen Erscheinungen bei ihrer Anwendung in der Praxis unendlich mannig-

faltig, und beides ist voller schwer zu deutender Einzelheiten. Daher verlangt die Lösung der Aufgabe die Vertrautheit mit einer außerordentlich ausgedehnten Literatur ebenso wie eine erhebliche Kenntnis der Praxis, insbesondere der Explosionsmotoren, eine gediegene Beherrschung der physikalisch-chemischen Grundlagen der einschlägigen Wissensgebiete, besonders der chemischen Kinetik, ein erhebliches didaktisches Geschick und schließlich eine sehr sorgfältige kritische Bearbeitung des Ganzen.

Daß alle diese Bedingungen voll erfüllt sind, findet der Leser beim Studium des Werkes immer wieder bestätigt. Dabei ist die Darstellung keineswegs lehrhaft und apodiktisch, was bei dem in fast allen Beziehungen noch durchaus im Fluß befindlichen Zustand der Erforschung des Gebiets auch mit großem Zwang kaum möglich wäre. Im Gegenteil: es werden offene Fragen klar als solche charakterisiert, widersprechende Deutungen der Ergebnisse verschiedener Forscher kritisch einander gegenübergestellt, es werden an vielen Stellen neue Gedanken entwickelt — so z. B. in der dem minder tief schürfenden Verfolger der Literatur bisher recht abgeschlossen erscheinenden Theorie der Detonation —, kurz, das Buch verbindet mit der belehrenden Einführung überall den Charakter der originalen wissenschaftlichen Arbeit, und so ist es sowohl für den, der das Gebiet kennenlernen will, wie für den, der in ihm arbeitet, in höchsten Maße anregend.

Es wird zweifellos auf die Forschung in diesem in wissenschaftlicher und in praktischer Hinsicht gleich bedeutungsvollen Gebiet in hohem Maße belebend einwirken. MAX BODENSTEIN, Berlin.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

Herr H. LOUIS, der seit 3 Jahren den Lehrstuhl für Geographie an der im Aufbau befindlichen Universität Ankara innehat, sprach am 4. Februar 1939 über das Thema: **Anatolien und der türkische Staat.** Seine Darstellung beruhte größtenteils auf eigenen Reisen, die er infolge der tatkräftigen Unterstützung durch die türkische Regierung ausführen konnte. *Anatolien* nennen die Türken den auf asiatischem Boden gelegenen Hauptteil ihres Staatsgebietes. Diesen Begriff hält der Vortr. für geographisch glücklicher als den von der europäischen Wissenschaft gebrauchten Begriff „Kleinasien", den man ganz fallen lassen sollte.

Geomorphologisch ist Anatolien ein breit gebautes Hochland mit einem Rahmen von Randgebirgen im Norden und Süden und gebirgigen Randgliedern im Westen und Osten; die Grenze gegen den iranischen Länderraum ist deutlich durch den Wechsel im allgemeinen Streichen der Gebirge gegeben. Die Hochländer um den Ararat bilden ein Zwischengebiet, das von uns gewöhnlich als Armenien bezeichnet wird — ein Name, der in der Türkei aus nationalen Gründen heftig abgelehnt wird. Der Vortr. regt an, auch in der Wissenschaft den heute in der Türkei üblichen Namen „Ostanatolien" zu gebrauchen.

Auch klimatisch ist Anatolien als Ländergestalt gut zu fassen. Im Winter liegt das Land im Wirkungsbereich der von West nach Ost wandernden barometrischen Tiefdruckgebiete; milde, niederschlagsreiche Witterungsperioden wechseln ab mit heiteren Kaltluftperioden. Im Sommer dagegen ist das Klima subtropisch. Die in dieser Jahreszeit vorherrschenden Nordwinde sind warm, aber nicht übermäßig heiß und im allgemeinen trocken, weil sie von kühleren nach wärmeren Gebieten wehen. Eine Ausnahme bildet nur der Nordrand des Landes, wo die Winde aufsteigen und Niederschläge abgeben. Diese einfache Grundgliederung wird durch das Relief weitgehend umgestaltet, wodurch eine große Fülle charakteristisch geprägter Einzellandschaften entsteht.

Der Vortr. schilderte nun eine Reihe solcher Einzellandschaften, wobei er die Natur-, Siedlungs- und Wirtschaftsbedingungen der einzelnen Teile Anatoliens herauszuarbeiten suchte. Er begann mit der Südküste, wo der Taurus sich steil aus dem Meere erhebt und eine landschaftlich außerordentlich schöne, aber hafenarme Längsküste bildet. Die Anbauflächen sind klein, die Bevölkerungsdichte ist gering. Nur wo die Flüsse Schwemmkegel in das Meer gebaut haben, finden sich größere Siedlungen. Zentrum des Anbaues ist die Kilikische Ebene (Getreide, Baumwolle, Sesam, Zuckerrohr). Steigen wir hinauf bis 800 oder 1000 m, so finden wir viel Macchie, aber auch herrliche Wälder. Über 1000 m kommen wir in ein dicht besiedeltes Gebiet mit großen Bergdörfern. Dieses Gebiet ist übervölkert. Daher besteht hier seit alters Hausgewerbe, besonders Teppichknüpferei, neuerdings landwirtschaftliche Industrie. Die Vegetation ist hier nicht mehr mediterran; es herrscht lichter Trockenwald mit Schwarzkiefer und Bergwacholder, der intensive Almwirtschaft auf Schafe und Ziegen gestattet. Über 2500 m zeigt die Landschaft energische Spuren eiszeitlicher Vergletscherung. Die gewaltige Mauer des Taurus wird von zahlreichen Übergängen gequert, deren Ausbau kräftig gefördert wird. Heute führen bereits 3 Eisenbahnen hinüber, 2 weitere sind im Bau. Durch das niederschlagsreichere östliche Vorland des Taurus führt eine wichtige alte Straße, an der zahlreiche Städte liegen.

Wesentlich anders ist der landschaftliche Charakter von Westanatolien, das dem mediterranen Kultureinfluß weit geöffnet ist. Hier herrscht eine Querküste mit weiten Vorgebirgen und hafenreichen Buchten. Breite, riesige Grabenebenen bieten einer dichten Bevölkerung die Möglichkeit reicher landwirtschaftlicher Betätigung (Rosinen, Oliven, Tabak, Feigen, Agrumen u. a. m.). Aber nicht alle diese Ebenen sind bisher in Kultur genommen, es sind also noch Landreserven vorhanden. Wirtschaftlicher Mittelpunkt ist Izmir (Smyrna), das ausgezeichnete Verkehrsverbindungen besitzt und der Hauptexporthafen für alle Produkte Westanatoliens ist.

Vorbei an Istanbul, das durch seine überaus günstige Verkehrslage immer eine Bedeutung behalten wird, führt uns der Bosporus an die Südküste des Marmara-Meeres, wo hoch aufragende Gebirge größere Niederschlagsmengen auffangen und daher ein üppiges Waldkleid tragen. An ihrem Fuße liegt die Kulturebene von Bursa.

Die Nordküste Anatoliens ist wieder eine hafenarme Längsküste, für die landschaftlich der Wolkenreichtum bezeichnend ist. An dieser Küste liegt das für die Türkei so sehr wichtige Steinkohlengebiet von Zonguldak, das einzige größere Steinkohlenvorkommen des Mittelmeergebietes. Die Hauptorte der Nordküste liegen an wichtigen Übergängen über das Gebirge, so Samsun, Amasya, Trapezunt, Rise. In einem ursprünglich üppig bewaldeten Gebiet hat sich hier in den breiten, klimatisch milden, wasserreichen Tälern eine Rodungskultur entwickelt. Reis-, Mais-, Haselkulturen sind charakteristisch; bemerkenswert

sind die offenbar erfolgreichen Versuche, Teepflanzungen anzulegen. An dem einzigen grandiosen Durchlaß durch das Gebirge, die Schlucht des Tschoruk, dringt die Wärme und die Vegetation der Küste tief binnenwärts vor.

Gehen wir in das innere Hochland weiter hinein, so sehen wir das Land trocken und weit werden, aber nicht eintönig. Abwechselung schaffen die Klippenketten vulkanischer Gesteine und recht junge Krustenbewegungen, dazwischen herauspräparierte Tafelberge. Die flachen Mulden der neogenen Tafel sind oft von seichten Wasserlachen erfüllt, die im Sommer mehr oder weniger austrocknen. Schöne Aschenkegel sind sehr häufig; Tuffablagerungen sind durch die Erosion in Erdpyramiden aufgelöst und bergen interessante Wohnhöhlen und altchristliche Höhlenkirchen. Die Landwirtschaft Inneranatoliens ist vorwiegend Brachewirtschaft und daher an weite Flächen gebunden; die Regierung der neuen Türkei hat vielfältige Maßnahmen zu ihrer Hebung getroffen. Die Städte sind hier seit alters bedeutend. Bilder aus der Hauptstadt Ankara zeigten reizvoll den Gegensatz zwischen alter und neuer Stadt.

Zum Schluß versuchte der Vortr., noch einmal zusammenfassend, das gegenseitige Gewicht der verschiedenen Lebensräume im Rahmen des anatolischen Staates zu erwägen. Der geringen Bevölkerungsdichte im Innern und im Osten stehen 3 große Dichtegebiete gegenüber: 1. Westanatolien, 2. der Umkreis des Marmara-Meeres mit Istanbul, 3. das Hinterland des Samsun-Passes, in dem dichte Besiedlung tief nach Inneranatolien hineindringt. Politisch-geographisch ergibt sich also der Nachteil, daß die Dichtegebiete randlich liegen.

Über die Lage des Machtzentrums geben die Verkehrsverhältnisse Aufschluß. Die Randgebiete sind unwegsamer als das Steppenland im Innern, das von altersher ein Wegeland ist. Das Grenzgebiet zwischen Wald und Steppe ergibt geradezu einen inneranatolischen Straßenring, der die Landschaften zusammenhält. In fast allen Zeiten politischer Macht lagen die Machtzentren an diesem Straßenring. Diesen geographischen Gegebenheiten ist der neue türkische Staat bei seiner Umgestaltung in erstaunlichem Maße gefolgt. Der uralte Straßenring wurde als Eisenbahn ausgebaut; Stichbahnen sind in die Randgebiete geführt worden. Es gibt heute nur noch sehr wenige Orte in der Türkei, die mehr als 100 km von der Eisenbahn entfernt sind. Diese Verbesserung hat die vielen, teils in Not, teils im Überfluß lebenden Gebiete verbunden und den Aufbau einer gesammelten Nationalwirtschaft ermöglicht. Die Wahl der Hauptstadt Ankara ist geographisch sehr wohl überlegt: nahe den 3 großen Dichtegebieten, aber doch möglichst weit nach Osten geschoben, da der Westen einer feindlichen Einwirkung am meisten geöffnet ist.

Mit diesen politisch-geographischen Erörterungen beschloß der Vortr. seine Ausführungen, die er auf der Grundlage jahrelangen wissenschaftlichen Wirkens im Lande selbst besonders inhaltreich gestalten konnte.

Über **Beobachtungen auf einer bodenkundlichen Studienreise im westlichen Balkan** berichtete am 20. Februar 1939 Herr H. Kuron, Berlin. Der Mittelmeerraum zeigt im Gegensatz zu dem für die Bodenkunde klassischen osteuropäischen Bereich Böden, die seit Jahrhunderten verändert worden sind. Ausgelöst wurden diese Veränderungen stets durch die Entfernung der natürlichen Vegetationsdecke, d. h. durch zum Teil sehr unbedachte Eingriffe in das Gleichgewicht. Während wir z. B. in Nordamerika jetzt erste Anzeichen einer Bodenänderung erleben, haben wir im Mittelmeerraum Endstadien vor uns, *Endzustände der Bodenvernichtung*, bei denen die Bodenprofile völlig geändert sind. Das klassische Beispiel eines solchen Endzustandes ist die Terra rossa. (Zur Erklärung dieses Bodentyps sind mannigfache Theorien aufgestellt worden, die der Vortr. später im einzelnen diskutierte; er betonte, daß die Bildung der Terra rossa auch heute noch stattfindet, und hält die alte „Rückstandstheorie" für die wahrscheinlichste.) Wesentlich ist, daß die Zerstörung der natürlichen Vegetation durch den Menschen meist nicht geschlossen geschehen ist; wir finden daher ein buntes Nebeneinander von verschiedenen Bodenprofilen, für dessen Erforschung eigentlich die bisher noch nicht angewendete statistische Behandlung nötig wäre.

Der Vortr. hat nun Gelegenheit gehabt, diese Erscheinungen in *Albanien* zu studieren, wo die Zerstörung durch den Menschen erst später als in benachbarten, heute schon verkarsteten Gebieten eingesetzt hat. Die natürlichen Verhältnisse in Albanien sind der Auswirkung solcher Zerstörung besonders förderlich. An der Gesteinszusammensetzung des Landes sind in ausgedehntem Maße weiche tertiäre und Flyschsandsteine und sandige Mergel beteiligt, denen die starke Kohärenz der feinen tonigen Gesteine fehlt. Sie besitzen daher der Erosion gegenüber sehr wenig Widerstandskraft und bewirken eine gefährliche Steigerung des oberflächlichen Abflusses.

Auch das mittelmeerische Klima, das tief in das Land eingreift, ist der Erosion besonders förderlich und andererseits ungünstig für das Wiederaufkommen einer zerstörten Waldvegetation. Der ursprüngliche Wald aber ist tatsächlich in allen einigermaßen zugänglichen Gebieten zerstört. Rücksichtsloser Kahlhieb für Bau- und Brennzwecke ist stets an der Tagesordnung gewesen; die jungen Zweige werden vielfach abgeschnitten, gehäckselt und als Viehfutter verwendet. Die Folge ist die Entstehung eines eigentümlichen Buschwaldes als Sekundärvegetation.

Der Landwirtschaft fehlt es fast überall an Humus. Die Bodenbearbeitung besteht im allgemeinen nur in einem Ritzen der Oberfläche mit dem Haken, die Düngung ist sehr mangelhaft. Infolgedessen ist der Boden absolut dicht gelagert, wodurch er der Bodenerosion stark unterliegt. Das Grasland ist völlig vernachlässigt und hat mehr den Charakter von Hutungen.

Eine gefährliche Eigenschaft der Bodenerosion ist die durch die Abspülung der Hänge bewirkte Verschüttung der Talsohlen und Senken, d. h. also die Verschüttung von Kulturboden durch tote Massen. Auch die unregulierten Flüsse vernichten durch die starke Seitenerosion wertvolle Flächen kultivierbaren Bodens.

Die Bodenzerstörung hat eine recht ungünstige wirtschaftliche Lage der Bauern zur Folge. Die Bevölkerung ist, abgesehen von einigen kleineren Dichtegebieten (mit etwa 100 Einwohnern je Quadratkilometer) auf weite Strecken hin sehr dünn verteilt (11—15 je Quadratkilometer). Zudem ist eine fortschreitende Einengung des Bodenraumes zu erwarten. Die vorhandene starke Auswanderung führt der Vortr. auf die Bodenzerstörung zurück. Kurt Kaehne.

Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: Fritz Süffert, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamer A.-G. in Leipzig.